

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



#4

H. Coe
4-5-01
priority
papers
*

Bescheinigung

Die BYK-Gardner GmbH in Geretsried/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung der
Qualität von Oberflächen"

am 2. Juli 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole G 01 B und G 01 N der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 25. April 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Dzierzon

Aktenzeichen: 199 30 688.5

Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung der Qualität von Oberflächen

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der Qualität von Oberflächen bzw. der visuellen Eigenschaften von Oberflächen.

Unter der Qualität bzw. den visuellen Eigenschaften einer Oberfläche sollen hier die physikalischen Eigenschaften einer Oberfläche verstanden werden, die das Aussehen einer Oberfläche für den menschlichen Betrachter bestimmen. Die qualitätsbestimmenden Eigenschaften einer Oberfläche sind insbesondere der Glanz, der Glanzschleier (engl. haze), die Abbildungsschärfe (engl. DOI), die Farbe, die Helligkeit der Farbe, Oberflächentexturen und Oberflächenwelligkeiten (engl. orange peel) etc.

Diese Kenngrößen sind wichtige Qualitätskriterien für die Beurteilung der Qualität von Oberflächen, wie z. B. der Qualität von lackierten Oberflächen, Kunststoffoberflächen oder auch metallischen Oberflächen, denn an zahlreichen Produkten und technischen Erzeugnissen ist die Beschaffenheit der sichtbaren Oberflächen ein entscheidendes Merkmal für den Gesamteindruck des Produktes. Ein typisches Beispiel für solche Produkte sind Kraftfahrzeugkarosserien, bei denen die Beschaffenheit und die Gleichmäßigkeit des optischen Eindrucks der Oberflächen eine bedeutende Rolle spielt. Im folgenden werden die technischen Probleme, die bei der Gestaltung von Oberflächen im Kraftfahr-

zeugbereich und bei deren meßtechnischen Beurteilung anhand des Glanzes näher erläutert, ohne jedoch die vorliegende Erfindung in ihrer Anwendung in irgendeiner Weise einzuschränken.

Kraftfahrzeuge werden üblicherweise mit einer Hochglanz- oder Metallic-Lackierung versehen, deren Reflexionsvermögen oder Glanzkennwert den entsprechenden Werten von anderen Flächen, wie z. B. Möbeln, weit überlegen ist. Diese Gegebenheiten erfordern eine außerordentlich sorgfältige Vorbereitung der zu lackierenden Flächen und eine besonders sorgfältige Auftragung des Lackes. Um Qualitätsmängel schon in der Produktion zu erkennen, beschäftigen die Automobilhersteller eine Vielzahl von Prüfern und verwenden eine Vielzahl von aufwendigen und großbauende Meßapparaturen, die die Qualität der Flächen visuell oder automatisch prüfen.

Für die Bestimmung des Glanzes schreibt die ISO 2813, 3. Ausgabe 1994, bestimmte Normen und Meßaufbauten vor, die eine einheitliche und reproduzierbare Meßmethode zur Bestimmung des Glanzes gewährleisten sollen.

Gemäß der Norm soll die zu untersuchende Oberfläche mit Licht ausgeleuchtet werden, das eine spektrale Verteilung gemäß der Normlichtart C der CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) aufweist. Die Normlichtart C, auch als "Tageslicht" bezeichnet, weist eine Farbtemperatur von 6500 K auf und besitzt einen kontinuierlichen Verlauf der spektralen Strahlungsdichte über der Wellenlänge im sichtbaren Bereich des Spektrums.

Das menschliche Auge weist für das sogenannte "Dämmerungssehen" Stäbchen und für das sogenannte "Tagessehen" drei unterschiedliche Zapfenarten auf, die spektral unterschiedliche und überlappende Empfindlichkeitskurven aufweisen (vgl. D. B. Judd:

"Color Perceptions of Deuteranopic and Protanopic Observers",
J. opt. Soc. Amer., 39, 252 - 256, 1949).

Derzeitig verfügbare, kleinbauende, vom Benutzer tragbare Meßvorrichtungen und Systeme, z. B. zur Bestimmung des Glanzes von Oberflächen, weisen meist konventionelle Glühbirnen oder auch Halogenbirnen als Lichtquelle auf. Nachteilig bei solchen Lichtquellen ist, daß die Glühwendeln altern und Teile der Glühwendel verdampfen, wobei das verdampfte Material sich typischerweise auf der Innenseite des die Glühwendel umgebenden Glaskörpers niederschlägt, so daß sich die spektrale Emission der Glühwendel und die spektrale Transmissionsverteilung des Glaskörpers zeitlich ändern. Das von der Glühbirne ausgestrahlte Spektrum unterliegt Alterung.

Ein weiterer Nachteil dieser konventionellen Lichtquellen ist, daß die Position der Glühwendel sich durch Alterungserscheinungen oder durch Stöße auf das Gerät mit der Zeit ändern kann. Deshalb ist eine häufige Nachkalibrierung eines solchen Meßgeräts nötig, um verwendbare Ergebnisse zu erzielen. Eine Korrektur der spektralen Verteilung, die durch Niederschläge auf der Innenseite des Glaskörpers der Glühbirne verursacht wird, ist allerdings nur durch Austausch der Lichtquelle möglich, wobei dann andere, z. B. produktionstechnisch bedingte, spektrale Unterschiede in Kauf genommen werden müssen.

Ein weiterer Nachteil derartiger Meßgeräte mit konventionellen Strahlungsquellen ist die geringe Meßfrequenz und auch die hohe Zeitdauer, die nötig ist, um nach dem Einschalten des Geräts ein verwendbares Meßergebnis zu erzielen, da konventionelle Glühbirnen einen relativ langen Zeitraum benötigen, um eine spektral stabile und reproduzierbare Strahlung zu emittieren. Wird zur Messung des Glanzes einer Oberfläche diese mit einer monochromatischen Lichtquelle, wie z. B. einem Laser, ausge-

leuchtet, so ergibt sich der Nachteil, daß der Glanz bzw. das Reflexionsvermögen dann nur für die ausleuchtende Wellenlänge bestimmbar ist.

Der physiologische Eindruck eines Betrachters bei Beleuchtung mit Tageslicht entsteht durch die Auswertung bzw. Integration der Strahlung, für die das Auge empfindlich ist. Dazu wird für jede Zapfenart praktisch eine Integration der wellenlängenabhängigen Strahlung gewichtet mit der wellenlängenabhängigen Empfindlichkeit der unterschiedlichen Zapfen über der Wellenlänge durchgeführt. Dies bedeutet, daß sich z. B. bei monochromatischer Ausleuchtung gleiche Meßergebnisse bei unterschiedlicher Oberflächen ergeben können, obwohl der jeweilige Glanz der Oberflächen vom Betrachter unterschiedlich wahrgenommen wird und das Reflexionsvermögen bei anderen Wellenlängen unterschiedlich ist.

Eine monochromatische Ausleuchtung hat deshalb den Nachteil, daß bedingt-gleicher Glanz oder bedingt-gleiche Farben und dergleichen an unterschiedlichen Oberflächen festgestellt werden, obwohl sich die physiologisch wahrnehmbaren Kenngrößen deutlich unterscheiden.

Es ist deshalb die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zur Verfügung zu stellen, so daß damit eine reproduzierbare und quantifizierte Bewertung der Qualität von Oberflächen erfolgen kann, um eine zuverlässige Beurteilung zu ermöglichen.

Ein weiterer Aspekt der Aufgabe ist es, eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, die kleinbauend und leicht gestaltet ist, so daß sie von einem Benutzer leicht mitgenommen werden kann und ohne weitere Hilfsmittel zur Bestimmung der Qualität einer Oberfläche herangezogen werden kann.

Ein weiterer Aspekt dieser Aufgabe ist es, eine Vorrichtung zur Bestimmung der visuellen Eigenschaften einer Oberfläche zur Verfügung zu stellen, bei welcher trotz des kompakten Aufbaus gemäß dem vorigen Aspekt der Aufgabe der Erfindung die Reproduzierbarkeit der Messung und die notwendigen Wartungs- und Kalibrierungsintervalle gegenüber dem im Stand der Technik bekannten Vorrichtungen erheblich verbessert ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung gelöst, wie sie in Anspruch 1 definiert ist. Das erfindungsgemäße Verfahren ist Gegenstand des Anspruchs 31.

Zu bevorzugende Weiterbildungen der Erfindungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur quantifizierten Bestimmung der Qualität von Oberflächen weist ein optisches System mit einer ersten und einer zweiten optischen Einrichtung auf. Die erste optische Einrichtung weist wenigstens eine Beleuchtungseinrichtung auf, die Licht in einem vorbestimmten Winkel auf eine Meßfläche ausstrahlt, die Teil der zu messenden Oberfläche ist. Die zweite optische Einrichtung ist ebenfalls in einem vorbestimmten Winkel zu dieser Meßfläche ausgerichtet und nimmt das von der Meßfläche reflektierte Licht auf. Diese zweite optische Einrichtung weist wenigstens einen Fotosensor auf und gibt ein elektrisches Meßsignal aus, das für das reflektierte Licht charakteristisch ist.

Weiterhin weist eine erfindungsgemäße Vorrichtung eine Steuer- und Auswerteeinrichtung auf, die zur Steuerung des Meßablaufs und zur Auswertung der Meßergebnisse vorgesehen ist und die wenigstens eine Prozessoreinrichtung und wenigstens eine Spei-

chereinrichtung aufweist. Eine Ausgabeeinrichtung dient zur Ausgabe der Meßergebnisse.

Ferner weist die Beleuchtungseinrichtung wenigstens eine Lichtquelle auf, die bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung als Leuchtdiode (LED - engl.: Light emitting diode) ausgeführt ist. Das von der Beleuchtungseinrichtung ausstrahlbare Licht ist derart beschaffen, daß die spektrale Charakteristik vorzugsweise wenigstens blaue, grüne und rote Spektralanteile im sichtbaren Spektrum aufweist.

Ferner ist eine Filtereinrichtung vorgesehen, die im Strahlengang zwischen der Lichtquelle und dem Fotosensor angeordnet ist und welche die spektrale Charakteristik einfallenden Lichts gemäß vorbestimmter Filtereigenschaften derart verändert, daß die spektrale Charakteristik im wesentlichen einer vorbestimmten spektralen Verteilung angenähert wird.

Die Auswerteeinrichtung wertet das von der Meßfläche reflektierte Licht aus und leitet daraus wenigstens eine Kennzahl ab, die die Meßfläche bzw. Oberfläche charakterisiert.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat viele Vorteile.

Ein entscheidender Vorteil der Erfindung ist, daß die Position der Lichtquelle bzw. der lichtausstrahlenden Fläche bzw. des lichtausstrahlenden Volumens in bezug auf die Vorrichtung genau definiert ist. Bei herkömmlichen Glüh- oder Halogenbirnen oder dergleichen ist der lichtausstrahlende Körper die Glühwendel, die üblicherweise in dem Glaskörper der Glühbirne durch dünne Drähte in Position gehalten wird. Durch diese Art der federnden Aufhängung bedingt, bewirken schon leichte Erschütterungen und Vibrationen der Vorrichtung eine Änderung der Position des lichtausstrahlenden Körpers bzw. der Glühwendel, so daß eine

exakte Bestimmung oder Voraussage der Intensität und Richtung der ausgesendeten Strahlung nicht bzw. nur mit einem hohen Aufwand möglich ist.

Im Gegensatz dazu ist bei Verwendung einer LED als Strahlungsquelle der lichtausstrahlende Körper bzw. die lichtausstrahlende Fläche in seiner/ihrer Position exakt definiert und zeitlich, auch durch Alterung bedingt, nicht veränderlich. Die Reproduzierbarkeit und Genauigkeit der Messung der Qualität einer Oberfläche wird dadurch deutlich verbessert und erhöht.

Vorteilhaft ist auch, daß eine LED als Lichtquelle eine erhöhte Meßfrequenz bzw. eine kleinere Zyklusdauer bei der Bestimmung eines Kennwertes erlaubt. Die Lichtquellen einer derartigen Vorrichtung sind meist ausgeschaltet und werden nur zum Meßzeitpunkt eingeschaltet, um Streulicht in der Vorrichtung zu verringern. Während eine typische Glühbirne wenigstens 1 bis 1,5 Sekunden benötigt, um eine im wesentlichen stabile Strahlungsemission zu erreichen, beträgt ein vergleichbarer Zeitraum bei einer Leuchtdiode nur etwa 0,1 bis 0,2 Sekunden oder sogar weniger. Durch eine direkte Quotientenbildung und Versuche kann gefolgert werden, daß die Meßfrequenz um etwa einen Faktor 7 bis 15 erhöht werden kann. Mit einer LED beträgt ein Meßzyklus typischerweise weniger als 0,2 Sekunden, während, bei Verwendung einer Glühbirne, ca. 1,5 bis 2 Sekunden benötigt werden.

Ein weiterer Vorteil einer Vorrichtung gemäß der Erfindung ist, daß, durch die spektrale Charakteristik der Lichtquelle bedingt, die vorzugsweise wenigstens blaue, grüne und rote spektrale Anteile im sichtbaren Spektrum aufweist, die Oberfläche mit verschiedenen Wellenlängen ausgeleuchtet wird und die zu messende Kenngröße der Oberfläche zuverlässig bestimmt werden kann.

Dadurch, daß die Strahlungsquelle gemäß der Erfindung nur geringen alterungsbedingten Änderungen im ausgestrahlten Spektrum unterliegt, kann die bei herkömmlichen Vorrichtungen nötige tägliche Kalibrierung des Gerätes unterbleiben. Eine gelegentliche Kalibrierung mit einem Meßstandard, die z. B. halbjährlich erfolgen kann, ist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausreichend. Wenn häufig Messungen an staubigen oder schmutzigen Orten durchgeführt werden, kann es sinnvoll sein, die Kalibrierungshäufigkeit zu erhöhen, um Einflüsse von Schmutz und Staub, die sich auf der verwendeten Optik absetzen oder niederschlagen können, zu unterdrücken.

Eine reduzierte Rekalibrierungshäufigkeit einer Vorrichtung gemäß der Erfindung ist sehr vorteilhaft, da, neben der Zeiterparnis, auch Fehler während der Rekalibrierung ausgeschlossen werden. Dazu zählen z. B. Bedienungsfehler durch den Benutzer und fehlerhafte, wie z. B. verschmutzte oder beschädigte Kalibrierungsstandards.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäße Vorrichtung ist, daß durch die Filtereinrichtung die spektrale Charakteristik des zur Messung verwendeten Lichts an eine vorbestimmte spektrale Verteilung angenähert wird, so daß es ermöglicht wird, gemäß nationaler oder internationaler Meßnormen Messungen durchzuführen.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung strahlt die Lichtquelle bzw. die Leuchtdiode der Beleuchtungseinrichtung Licht mit einem kontinuierlichen Spektrum aus, wobei die spektrale Verteilung der ausgestrahlten Strahlung vom blauen bis zum roten spektralen Bereich des sichtbaren Spektrums nennenswerte spektrale Anteile aufweist. Vorzugsweise ist die wellenlängenabhängige spektrale Intensität der ausgestrahlten Strahlung in dem Wellenlängenbereich zwischen 480 und 620 nm größer

als ein Hundertstel der maximalen spektralen Intensität, und besonders bevorzugt ist die relative wellenlängenabhängige Intensität in dem Wellenlängenbereich zwischen 440 und 680 nm größer als ein Hundertstel der maximalen wellenlängenabhängigen Intensität, und besonders bevorzugt wird im wesentlichen im gesamten sichtbaren Spektralbereich nennenswerte Intensität ausgestrahlt.

Vorzugsweise ist das von der Leuchtdiode der Beleuchtungseinrichtung ausgestrahlte Licht derart beschaffen, daß die Farbe des ausgestrahlten Lichts im wesentlichen "weiß" ist.

Eine solche Weiterbildung der erfindungsgemäße Vorrichtung ist besonders vorteilhaft, da über weite Teile bzw. im wesentlichen das gesamte sichtbare Spektrum Intensität von der Lichtquelle ausgestrahlt wird, so daß bei der Bestimmung des Kennwerts der Oberfläche im wesentlichen alle relevanten Wellenlängen berücksichtigt werden.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist die Filtereinrichtung ein optisches Filterelement auf, das als Transmissionsfilter in dem Strahlengang zwischen Lichtquelle und Fotosensor angeordnet ist, wobei besonders bevorzugt der Filter bzw. die Filtereinrichtung in bzw. an der ersten optischen Einrichtung angeordnet ist.

In dieser Weiterbildung wird das von der Lichtquelle ausgestrahlte Licht durch den wenigstens einen optischen Filter in der spektralen Verteilung verändert, bevor das Licht auf die zu messende Oberfläche auftrifft, so daß eine Anpassung der ausgesendeten spektralen Verteilung an eine vorbestimmte spektrale Verteilung ermöglicht wird.

Die Verwendung eines Transmissionsfilters in der Filtereinrichtung ist vorteilhaft, da der zur Messung verwendete Strahlengang besonders einfach, günstig zu fertigen und unkompliziert ist, so daß aufwendigere Justierungen, die durch mehrfache Umlenkung der Strahlen erforderlich sein können, vermieden werden.

In einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist in der Filtereinrichtung wenigstens ein Reflexionsfilter bzw. ein Reflektionsfilterelement vorgesehen, der/das auftreffendes Licht reflektiert. Durch die Beschaffenheit dieses wenigstens einen Reflexionsfilters wird die spektrale Verteilung des reflektierten Lichts derart beeinflusst, daß eine weitgehende Anpassung an eine vorbestimmte spektrale Verteilung erzielt wird. Die Anordnung dieses Reflexionsfilters kann in der ersten optischen Einrichtung, in der zweiten optischen Einrichtung oder an anderen Stellen innerhalb der Vorrichtung erfolgen, wobei dann der Filter vorzugsweise an einer Stelle angeordnet ist, an der eine Strahlumlenkung erforderlich ist.

In einer anderen bevorzugten Weiterbildung umfaßt die Filtereinrichtung zwei oder mehr optische Filter, wobei einige oder alle Filter bzw. Filterelemente als Transmissionsfilter und einige oder alle Filter als Reflexionsfilter ausgeführt sein können.

Die in der bzw. in den Filtereinrichtung(en) verwendeten optischen Filter sind von der Herstellung her konventionelle optische Filter, wie sie im Stand der Technik bekannt sind, also z. B. als Glasplatten oder Glaskeile, vorzugsweise aus Quarzglas, die eine entsprechende Färbung aufweisen können, ausgeführt. Es ist aber auch möglich, daß Filter aus Kunststoffmaterial, Kristalle, Interferenzfilter, holografische Transmissions- und Reflexionsfilter, Flüssigkeitsfilter und dergleichen

Anwendung finden. Ferner ist es möglich, daß ein Filter fluoreszierend ausgeführt ist, so daß der Filter auftreffende Strahlung in einem bestimmten Wellenlängenbereich absorbiert und als Strahlung mit anderer Frequenz bzw. Wellenlänge wieder abgibt, so daß nicht nur die sogenannte "subtraktive Farbmischung", sondern auch die sogenannte "additive Farbmischung" ermöglicht wird, bei der die spektrale Verteilung nicht nur durch Dämpfung bestimmter Spektralanteile, sondern auch durch Anhebung bestimmter anderer Spektralanteile ermöglicht wird.

Die Verwendung einer derartigen Filtereinrichtung ist besonders vorteilhaft, da durch einfache konstruktive Maßnahmen eine effektive, gezielte und kostengünstige Beeinflussung und Anpassung der spektralen Verteilung erfolgen kann. Bei Verwendung relativ dünner Filter sind Transmissionsfilter besonders vorteilhaft, da diese direkt in den Strahlengang eingebracht werden können und trotzdem eine kleinbauende Vorrichtung ermöglicht wird, während bei Verwendung von Reflexions- oder Fluoreszenzfiltern auch eine Strahlumlenkung erforderlich und nützlich sein kann, um eine kleinbauende Vorrichtung zur Verfügung zu stellen.

In einer bevorzugten Weiterbildung ist die charakteristische Kenngröße der Meßfläche, die mit dieser Vorrichtung bestimmt wird, der Glanz der Oberfläche. Die Bestimmung des Glanzes ist vorteilhaft, da der Glanz eine besonders wichtige charakteristische optische Kenngröße einer Oberfläche ist, die erhebliche Auswirkungen auf die Qualität einer Oberfläche hat.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung werden zwei, drei, vier, fünf oder mehr charakteristische, vorzugsweise optische, Kenngrößen dieser Meßfläche bestimmt.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die charakteristische Kenngröße, die mit dieser Vorrichtung bestimmt wird, einer Gruppe von Kenngrößen entnommen, welche Glanz, Glanzschleier (engl. haze), Abbildungsschärfe (DOI - engl.: distinctness of image), Farbe und Helligkeit der Farbe umfaßt.

Ferner ist es möglich, daß die charakteristische optische Kenngröße ein repräsentatives Maß für die typische Wellenlänge und die Amplitude (engl. orange peel) der Topologie der Oberfläche dieser Meßfläche in einem vorbestimmten Wellenlängenintervall ist, wobei diese Auswertung auch in zwei oder mehr Wellenlängenbereichen erfolgen kann.

In der bevorzugten Weiterbildung der Erfindung, daß zwei oder mehr charakteristische Kenngrößen der Meßfläche bestimmt werden, werden die einzelnen Kenngrößen entsprechend der oben genannten Kenngrößen gewählt.

Die Bestimmung eines Kennwertes für den Glanzschleier oder die Abbildungsschärfe ist besonders vorteilhaft, da der physiologische Eindruck eines Betrachters von, beispielsweise lackierten, Oberflächen entscheidend von der Abbildungsschärfe und dem Schleierglanz abhängt. Die Bestimmung eines Kennwertes für die Farbe ist auch sehr vorteilhaft, da z. B. bei der Nachbesserung bzw. Ausbesserung z. B. einzelner Lackstellen eine zuverlässige und reproduzierbare Farbbestimmung nötig ist, um die ausgebeserte Stelle im Vergleich zur ganzen Fläche quantitativ bewerten zu können. Die Farbbestimmung bzw. die Ableitung eines Farbkennwertes ist auch zur regelmäßigen Kontrolle während laufender Serienproduktion wichtig.

Die Bestimmung eines Orange-peel-Kennwertes ist insbesondere, aber nicht nur, im Produktionsverfahren bei der Herstellung lackierter Oberflächen vorteilhaft, da durch die Wellenlängen-

verteilungen der Struktur der Oberfläche Aufschlüsse über Fehler im Produktionsprozeß gewonnen werden und diese dann im Produktionsprozeß vermieden bzw. vermindert werden können.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die vorbestimmte spektrale Verteilung eine Standardverteilung, die einem der gängigen Lichtstandards entspricht, wobei vorzugsweise diese vorbestimmte spektrale Verteilung mit einer spektralen Verteilung übereinstimmt, welche eine Lichtart aufweist, die einer Gruppe von Lichtarten entnommen ist, die die Normlichtart C, die Normlichtart D65, die Normlichtart A und dergleichen mehr umfaßt, wie sie z. B. von der Commission Internationale de l'Éclairage definiert worden sind.

Die Verwendung einer derartigen Standardverteilung als vorbestimmte spektrale Verteilung ist besonders vorteilhaft, da die Bestimmung der Meßergebnisse dann mit einer bekannten bzw. genormten spektralen Verteilung bzw. Lichtart erfolgt und somit eine hohe Vergleichbarkeit mit anderen Meßergebnissen ermöglicht wird. Weiterhin ist die Durchführung der Messung mit einer solchen Standardverteilung oder dergleichen besonders vorteilhaft, da bei Verwendung einer spektralen Verteilung, die im wesentlichen einem derartigen Standard entspricht, Meßergebnisse erzielt werden, die bei den typischen Bedingungen reproduzierbar sind. Bei Beleuchtung bzw. Messung mit der Normlichtart D65 und insbesondere mit der Normlichtart C wird eine Messung gemäß internationaler Standards ermöglicht.

Vorzugsweise erfolgt die Anpassung des Spektrums derart, daß das insgesamt verwendete Meßspektrum einem Spektrum entspricht, welches ein durchschnittlicher Betrachter empfängt. Dies bedeutet, daß die gesamte Vorrichtung ein Spektrum aufweist, das der Gewichtung des Spektrums von "Tageslicht" bzw. Lichtart C oder dergleichen, gewichtet mit der Augenempfindlichkeit des hell-

adaptierten Auges $V_{(\lambda)}$ entspricht. Hierunter ist zu verstehen, daß das Produkt der Spektren der Strahlungsquelle, der verwendeten Filter, der anderen optischen Elemente und Einrichtungen sowie des verwendeten Fotosensors dem genannten Produkt aus Tageslichtspektrum und Augenempfindlichkeit entspricht.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist die erste optische Einrichtung eine Blendeneinrichtung auf, die einen definierten Winkelbereich des von der Lichtquelle ausgestrahlten Lichts transmittiert. Vorzugsweise umfaßt die erste optische Einrichtung weiterhin eine Linseneinrichtung, die das von der Lichtquelle ausgestrahlte Licht vorzugsweise im wesentlichen parallelisiert.

Ferner kann in der ersten optischen Einrichtung eine Streueinrichtung, vorzugsweise in Form wenigstens einer Streuscheibe vorgesehen sein, die dann z. B. in der Blendenöffnung angeordnet sein kann, um eine homogene Lichtverteilung über der Blenden- bzw. Streuscheibenfläche zu erzielen, so daß eine homogene und gleichförmige Ausleuchtung der zu untersuchenden Oberfläche gewährleistet wird.

Die Streuscheibeneinrichtung umfaßt vorzugsweise wenigstens eine Streuscheibe, die vorzugsweise als planparallele oder keilförmige Platte ausgeführt ist. Bei Einsatz der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit nur einer Leuchtdiode als Lichtquelle kann die Streuscheibe bzw. die Streuscheibeneinrichtung relativ dünn oder/und nur gering streuend ausgeführt sein, da nur das Licht einer Lichtquelle über der Apertur der Streuscheibe bzw. der Blende homogenisiert werden muß.

Bei bekannten Vorrichtungen, die mehrere Lichtquellen verwenden, müssen stärkerstreuende Scheiben verwendet werden,

um eine genügende Homogenisierung der Strahlungsverteilung zu erzielen, die keine oder nur geringe Farbvariation aufweist. Ein Nachteil ist dann, daß ein hoher Anteil an Intensität gestreut wird und nicht für die Meßaufgabe zur Verfügung steht. Das in andere Richtungen gestreute Licht und niedrige Intensität des Meßstrahls bewirken ein schlechtes Signal-Rausch-Verhältnis, so daß die Messungen ungenauer werden.

Bei Einsatz einer erfindungsgemäßen Vorrichtung werden höhere Beleuchtungsstärken erzielt, während gleichzeitig ein verminderter Rauschlichtanteil in der Vorrichtung entsteht. Ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis und qualitativ bessere Meßergebnisse sind die Folge.

In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist in der zweiten optischen Einrichtung ebenfalls eine Linseneinrichtung und eine Blendeneinrichtung angeordnet, wobei die Linseneinrichtung im wesentlichen das von der Oberfläche reflektierte bündelt und die Blendeneinrichtung Streulicht ausblendet, so daß hochqualitative und reproduzierbare Meßergebnisse erzielbar sind.

In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist die Beleuchtungseinrichtung wenigstens eine zweite oder mehr Lichtquellen auf, welche dann vorzugsweise als Leuchtdioden ausgeführt sind, wobei die einzelnen Leuchtdioden gleiche spektrale Charakteristiken aufweisen können, um die Beleuchtungsstärke zu erhöhen oder unterschiedliche spektrale Charakteristiken aufweisen, um bestimmte spektrale Anteile anzuheben.

Darunter ist zu verstehen, daß neben einer Leuchtdiode, die über einen weiten Bereich des Spektrums Strahlung emittiert, noch eine oder mehr Leuchtdioden oder Laserdioden oder der-

gleichen angeordnet sind, um bestimmte Spektralbereiche zu verstärken.

Eine solche Anordnung ist besonders vorteilhaft, da eine noch weitergehende Annäherung des emittierten Spektrums an eine vorbestimmte spektrale Verteilung, wie z. B. die spektrale Verteilung der Normlichtart C, ermöglicht wird.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wertet die Steuer- und Auswerteeinrichtung über ein in der Speichereinrichtung abgelegtes Programm die Meßsignale aus und speichert vorzugsweise die Meßsignale oder/und die ausgewerteten Meßergebnisse oder/und die abgeleiteten Kenngrößen in der Speichereinrichtung.

Dies ist vorteilhaft, da auch nach Meßablauf die Meßsignale oder die Kenngrößen weiterhin zur Verfügung stehen.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist die zweite optische Einrichtung eine Vielzahl von Fotosensoren auf, die vorzugsweise benachbart angeordnet sind, wobei die einzelnen Fotosensoren in einer Zeile oder auch flächig, z. B. in Reihen und Spalten, angeordnet sein können. Dadurch ist es möglich, eine Vielzahl von Fotosensoren vorzusehen, wobei bei jeder Messung nicht alle Fotosensoren beteiligt sein müssen bzw. nicht die Meßsignale aller Fotosensoren ausgewertet werden müssen.

Außerdem kann es möglich sein, einzelne dieser Vielzahl von Fotosensoren bzw. deren Meßsignale derart zu verschalten, daß ein gemeinsames Meßsignal über diese verschalteten Fotosensoren bestimmbar ist, welches für die einfallende Lichtmenge repräsentativ ist.

Dadurch können einzelne Bereiche der gesamten fotosensitiven Fläche aller Fotosensoren zu einer oder mehreren Meßflächen verschaltet werden, und es können Messungen gemäß internationaler Meßstandards programmtechnisch verwirklicht werden.

In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist wenigstens ein erster Teil des von der ersten optischen Einrichtung ausgestrahlten Lichts ein Lichtmuster auf, wobei dieses Lichtmuster vorzugsweise wenigstens eine Hell-/Dunkelkante umfaßt. Vorzugsweise ist der Übergang von hell nach dunkel sehr scharf. Durch Auswertung eines solchen Lichtmusters kann z. B. die Welligkeit der Oberfläche bestimmt werden.

Es ist ferner z. B. möglich, die Strukturschärfe von strukturierten Oberflächen zu bestimmen. Das Lichtmuster wird vorzugsweise durch eine Transmissions-Mustereinrichtung erzeugt und kann auch schaltbar sein. Neben konventionellen Gittern oder Strichgittern, die geschwärzte oder graue Bereiche und Übergänge aufweisen, können auch schaltbare Mustereinrichtungen, wie Flüssigkristalle, LCD's (Liquid crystal displays) oder elektrooptische Kristalle oder Schalter wie z. B. Pockels-Zellen eingesetzt werden.

In einer bevorzugten Weiterbildung der zuletzt beschriebenen Weiterbildung ist eine Vielzahl von Hell-/Dunkelkanten vorgesehen, von denen wenigstens ein Teil wenigstens abschnittsweise parallel zueinander verläuft. Vorzugsweise ist wenigstens ein Teil dieser Vielzahl von Hell-/Dunkelkanten in einer Form angeordnet, welche einer Gruppe von Formen entnommen ist, die Gitter-, Kreuzgitter-, Ellipsen-, Kreisform und dergleichen mehr umfaßt.

Bei Einsatz einer schaltbaren Mustereinrichtung, wie z. B. einer LCD-Einrichtung, können unterschiedliche Muster geschaltet

und projiziert werden, wodurch eine vielseitige und variable Verwendung möglich ist.

Die Anordnung einer Vielzahl von Hell-/Dunkelkanten, die wenigstens abschnittsweise parallel oder symmetrisch zueinander verlaufen, ist besonders vorteilhaft, da bei Verwendung einer Vielzahl von Fotosensoren die Verläufe der einzelnen Hell-/Dunkelkanten bzw. die Bestimmung dieser Verläufe auf den Fotosensoren Aufschluß über verschiedene Oberflächeneigenschaften der zu untersuchenden Meßfläche erlauben.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung leitet die Auswerteeinrichtung wenigstens eine Steigung des Meßsignals aus der Differenz des Meßsignals eines Fotosensors und des Meßsignals wenigstens eines nächsten Fotosensors ab, wobei vorzugsweise für wenigstens einen Teil der Fotosensoren jeweils wenigstens eine Steigung des Meßsignals bestimmt wird.

Vorzugsweise ist die Auswerteeinrichtung in dieser bevorzugten Weiterbildung derart gestaltet, daß wenigstens ein Durchschnittswert wenigstens eines Teils der Steigungen bestimmbar ist und daß daraus eine charakteristische Kennzahl für die Oberfläche bestimmbar ist, wobei vorzugsweise insbesondere bei strukturierten Oberflächen eine charakteristische Strukturkennzahl abgeleitet wird.

Die Bestimmung der Steigungen und der Durchschnittssteigung ist besonders vorteilhaft, da diese Aufschluß über die Welligkeit und die Rauigkeit der zu messenden Oberfläche geben. Eine glatte bzw. plane Oberfläche bildet projizierte Hell- oder Dunkellinien bzw. Hell-/Dunkelkanten scharf auf den bzw. die Fotosensoren ab, so daß eine hohe maximale Steigung feststellbar ist. Rauhe oder wellige Oberflächen bilden diese Lichtmuster unschärfer ab, so daß die einzelnen Steigungswerte, die maxima-

malen Steigungen und die Durchschnittssteigungen geringer werden können. Strukturierte Oberflächen, deren Oberflächenprofil z. B. sägezahnförmig oder dreieckig verläuft, bilden diese Lichtmuster im Idealfall hingegen scharf ab, wobei allerdings die Verläufe der einzelnen Kanten bzw. des Lichtmusters Sprünge, Versetzungen oder dergleichen aufweisen können.

In einer bevorzugten Weiterbildung aller bisher beschriebenen Weiterbildungen bzw. der Erfindung ist eine dritte optische Einrichtung mit wenigstens einer Lichtquelle vorgesehen. Die Lichtquelle strahlt Licht mit einer vorgegebenen spektralen Charakteristik aus, welches in einem vorbestimmten Winkel auf die Meßfläche gerichtet ist. Vorzugsweise ist das Licht der dritten optischen Einrichtung unter einem derartigen Winkel auf die Oberfläche gerichtet, daß das unmittelbar von der Meßfläche gemäß der Fresnelschen Reflexion gerichtet reflektierte Licht gegenüber dieser Meßfläche einen anderen Winkel aufweist, als der Winkel zwischen dieser Meßfläche und dem von dieser Meßfläche gerichtet reflektierten Licht, welches von der ersten optischen Einrichtung ausgestrahlt wird.

Eine solche Anordnung ist vorteilhaft, da der gerichtete Reflex des von der dritten optischen Einrichtung ausgestrahlten Lichts sich nicht mit dem gerichteten Reflex des von der ersten optischen Einrichtung ausgestrahlten Lichts überlagert.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Weiterbildungen, die eine dritte optische Einrichtung aufweisen, ist die spektrale Charakteristik des von der dritten optischen Einrichtung ausgestrahlten Lichts derart beschaffen, daß durch eine Auswertung des von einer Oberfläche reflektierten Lichts eine Bestimmung der Farbe bzw. eines Farbkennwerts der Oberfläche ermöglicht wird. Dazu kann diese dritte optische Einrichtung eine oder mehrere Lichtquellen aufweisen, wobei die spektralen Charakte-

ristiken der einzelnen Lichtquellen gleich sein können, um z. B. die Intensität zu erhöhen.

Es kann aber auch sein, daß die einzelnen Lichtquellen der dritten optischen Einrichtung eine unterschiedliche spektrale Charakteristik aufweisen, falls die eingesetzten Lichtquellen nicht einen Großteil des sichtbaren Spektrums abdecken.

Besonders bevorzugt ist die Lichtquelle der dritten optischen Einrichtung eine Leuchtdiode, deren ausgestrahltes Licht im wesentlichen die Farbe "weiß" hat. Durch Verwendung einer solchen Lichtquelle wird die Bestimmung der Farbe der zu untersuchenden Oberfläche ermöglicht. Wenigstens sollte die in der dritten optischen Einrichtung eingesetzte Lichtquelle rote und grüne und vorzugsweise auch blaue Spektralanteile im ausgesendeten Spektrum aufweisen.

In einer bevorzugten Weiterbildung einer oder mehrerer der zuvor beschriebenen Weiterbildungen weist wenigstens ein Fotosensor wenigstens zwei, vorzugsweise drei oder mehr fotosensitive Elemente auf, deren elektrische Ausgangssignale einzeln erfaßbar sind und die sich in ihrer spektralen Charakteristik bzw. Empfindlichkeit unterscheiden.

Insbesondere wenn der bzw. die eingesetzten Fotosensoren jeweils drei fotosensitive Elemente aufweisen, ist es möglich, als optische Kenngröße die Farbe der Meßfläche zu bestimmen. Vorzugsweise weist eine Vielzahl der Fotosensoren jeweils drei fotosensitive Elemente auf, deren spektrale Charakteristik derart beschaffen ist, daß die Farbe einfallenden Lichts erfaßbar ist.

Bevorzugt ist dann der Einsatz eines Farb-CCD-Chips, z. B. eines Farb-CCD-Chips, wie er in gängigen Videokameras oder Digi-

talkameras verwendet wird und der Pixelzahlen im fünf- oder sechsstelligen Bereich aufweist. Auch höchstqualitative (Farb-) CCD-Chips können verwendet werden.

Die Bestimmung der Farbe bzw. eines Farbkennwerts von zu untersuchenden Oberflächen ist sehr vorteilhaft, da der Farbton eine wichtige Eigenschaft vieler technischer Produkte ist. Insbesondere, aber nicht nur, beim Ausbessern oder bei der Reparatur schadhafter Stellen sollte die ausgebesserte Oberflächenstelle den gleichen Farbton aufweisen wie das sonstige Bauteil, aber auch z. B. in der Serienproduktion ist es wichtig, daß die Produkte einer oder unterschiedlicher Serien die gleichen Farben aufweisen.

In einer bevorzugten Weiterbildung strahlt wenigstens, vorzugsweise wenigstens die erste, optische Einrichtung im wesentlichen paralleles Licht aus. Es ist aber auch möglich, daß wenigstens eine, vorzugsweise wenigstens die dritte, optische Einrichtung im wesentlichen divergentes oder konvergentes Licht ausstrahlt.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist der vorbestimmte Winkel, in welchem das von wenigstens einer der optischen Einrichtungen ausgestrahlte Licht zu der Meßfläche ausgerichtet ist, einer Gruppe von Winkeln entnommen, die insbesondere die Winkel 0° , 5° , 10° , 25° , 20° , 30° , 45° , 60° , 75° , 80° und 85° umfaßt, wobei diese Winkel als Winkel zwischen den Strahlen (einfallend bzw. ausfallend) und der Senkrechten bzw. der Normalen auf der zu untersuchenden Oberfläche definiert sind. Besonders bevorzugt sind die Winkel, unter denen die erste und die zweite optische Einrichtung zu der Oberfläche ausgerichtet sind, gleich.

Die Ausrichtung der optischen Einrichtungen gemäß der zuvor beschriebenen Winkel ist besonders vorteilhaft, da es ermöglicht wird, nach den verschiedensten nationalen und internationalen Normen (der amerikanischen Norm ASTM E430, der ISO 2813, der DIN 67530 und dergleichen mehr) die Messungen durchzuführen.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist ein zweites und vorzugsweise auch ein drittes optisches System vorgesehen, wobei die Anordnung eines optischen Systems gegenüber der Meßfläche vorzugsweise 20° , 60° oder 85° beträgt. Falls drei optische Systeme vorgesehen sind, wird vorzugsweise eines unter 20° , ein zweites unter 60° und ein drittes unter 85° zur zu messenden Oberfläche angeordnet.

Es kann auch möglich sein, daß z. B. für separate Farbmessung ein weiteres optisches System bzw. eine optische Einrichtung vorgesehen ist, das/die dann beispielsweise unter 45° zur Normalen der Oberfläche ausgerichtet ist.

Die oben genannten Winkel 20° , 60° und 85° zur Normalen der zu messenden Oberfläche werden insbesondere, aber nicht nur, bei der Bestimmung des Glanzes der zu messenden Oberfläche eingesetzt. Die 20° -Geometrie eignet sich speziell für hochglänzende Prüfkörper, während die 60° -Geometrie im wesentlichen für alle Oberflächen geeignet ist und die 85° -Geometrie bevorzugterweise dann eingesetzt wird, um eine bessere Differenzierung bei Oberflächen zu erzielen, deren Glanz bei der 60° -Geometrie kleiner als 10 Einheiten gemäß der ISO 2813 ist. Vorzugsweise werden die optischen Einrichtungen mit einer Genauigkeit justiert, die bei 20° , 60° und 85° Ausrichtung besser als $\pm 0,1^\circ$ ist.

In einer bevorzugten Weiterbildung einer oder mehrerer der zuvor beschriebenen Weiterbildungen strahlt wenigstens eine, vorzugsweise wenigstens die erste, optische Einrichtung wenigstens

einen Lichtstreifen aus, der in einem vorbestimmten Abstand von der Lichtquelle eine vorbestimmte Länge und Breite senkrecht zur Ausbreitungsrichtung aufweist.

In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist in möglichst unmittelbarer Nähe wenigstens einer Lichtquelle und/oder wenigstens eines Fotosensors wenigstens eine Temperaturmeßeinrichtung angeordnet, die zur Bestimmung der charakteristischen Temperatur der jeweiligen Lichtquelle bzw. des jeweiligen Fotosensors vorgesehen ist, um eine temperaturkorrigierte Bestimmung dieser wenigstens einen Kenngröße zu ermöglichen.

Es ist auch möglich, daß die Temperaturbestimmung der einzelnen Bauteile (Lichtquelle, Fotosensor bzw. fotosensitives Element) direkt mit dem Bauteil selbst erfolgt, und insbesondere bei Leuchtdioden und Fotozellen kann eine solche Temperaturbestimmung durch Messung der Leerlaufspannung, des Kurzschlußstroms oder dergleichen bestimmt werden, so daß insbesondere bei einer derartigen Bestimmung der Temperatur eine hohe Zuverlässigkeit erzielt wird, da keine bzw. nur äußerst geringe Wärmekapazitäten die Bestimmung der Temperatur, durch dynamische Vorgänge bedingt, verfälschen.

Die Bestimmung der Temperatur der jeweiligen Elemente ist besonders vorteilhaft, da die Temperatur der jeweiligen Elemente (Lichtquelle, Sensor) die spektralen Eigenschaften verändert. Eine Temperaturbestimmung erlaubt eine genauere Messung.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung, bei der ein Lichtmuster ausgestrahlt wird, wird vorzugsweise wenigstens ein Teil des Verlaufs des Abbilds der wenigstens einen Hell-/Dunkelkante auf der Vielzahl von Fotosensoren bestimmt. Nach Bestimmung des Verlaufs wird eine Abweichung des gemessenen vom

idealen Verlauf abgeleitet und ein charakteristischer Oberflächenkennwert der Meßfläche bestimmt.

Dieser Oberflächenkennwert kann z. B. die Profilhöhe einer profilierten Oberfläche charakterisieren, dieser Kennwert kann aber auch derart bestimmt werden, daß er die Steilheit der profilierten Oberfläche oder die Schärfe der Kanten der profilierten Oberfläche kennzeichnet.

Die Bestimmung eines derartigen Oberflächenkennwerts ist insbesondere bei Messung von strukturierten Oberflächen, wie sie beispielsweise im Innenraum von Kraftfahrzeugen Verwendung finden, sehr vorteilhaft.

In einer bevorzugten Weiterbildung aller zuvor beschriebenen Weiterbildungen ist die Vorrichtung relativ zur Meßfläche in einer im wesentlichen abstandsgleichen Richtung verschiebbar, und es ist eine Wegstreckenmeßeinrichtung vorgesehen, die diese relative Verschiebung quantitativ erfaßt, wobei vorzugsweise eine Speichereinrichtung vorgesehen ist, in welcher die entlang vorgegebener Meßstellen auf der Oberfläche gemessenen Kennwerte und/oder optischen Kenngrößen abgespeichert werden.

Vorzugsweise ist ein Meßrad vorgesehen, welches während der Messung auf der zu messenden Oberfläche aufgesetzt ist und sich während der Relativbewegung zwischen der Vorrichtung und der zu messenden Oberfläche dreht, wobei dann vorzugsweise wenigstens ein Meßrad mit einem Drehwinkelgeber verbunden ist, der ein elektrisches Drehwinkelsignal ausgibt, das für den vom Meßrad zurückgelegten Drehwinkel repräsentativ ist.

In einer bevorzugten Weiterbildung einer, mehrerer oder aller zuvor beschriebener Weiterbildungen ist in der Vorrichtung eine Vergleichseinrichtung vorgesehen und in einem Bereich der Spei-

chereinrichtung wenigstens einer, vorzugsweise eine Vielzahl von zwei, drei, vier, sechs oder mehr von Referenzkennwerten bzw. Referenzkennwertepaaren gespeichert, die durch Messung bestimmter, vorzugsweise unterschiedlicher Referenzoberflächen oder Referenzmeßstandards ermittelt und vorzugsweise mit dieser Vorrichtung ermittelt wurden.

Vorzugsweise ist neben diesen Referenzwerten bzw. Referenzkennwerten auch das elektrische Meßsignal des wenigstens einen Fotosensors mit abgelegt, so daß vorzugsweise in diesem Bereich der Speichereinrichtung eine Tabelle abgelegt ist, die für vorbestimmte Meßstandards bzw. Referenzoberflächen jeweils das wenigstens eine elektrische Ausgangssignal des Fotosensors aufweist.

Bei einer Messung wird vorzugsweise das elektrische Ausgangssignal bzw. Meßsignal eines Fotosensors mit den Werten in der Tabelle verglichen, die den Referenzoberflächen entsprechen. Nach Auswahl der beiden nächstliegenden Werte wird nun das elektrische Ausgangssignal des Fotosensors in bezug zu diesen beiden gespeicherten Werten gesetzt, und es wird eine, vorzugsweise lineare, Interpolation zwischen diesen bzw. den in der Tabelle abgelegten Kennwerten durchgeführt und ein Kennwert für die zu untersuchende Oberfläche abgeleitet. Die Auswertung mit dieser Vergleichseinrichtung kann zur Bestimmung des Glanzes, aber auch bei allen anderen zu bestimmenden Kenngrößen, Verwendung finden.

Eine solche Ausgestaltung ist sehr vorteilhaft, da, insbesondere bei Bestimmung der Referenzwertepaare mit dieser Vorrichtung, die systembedingten Verluste und Eigenschaften mit erfaßt werden. Außerdem ist es möglich, Nichtlinearitäten in der gesamten Vorrichtung bzw. der Sensoren zu berücksichtigen, so daß die Genauigkeit der Messung erheblich erhöht werden kann, da,

insbesondere bei relativ hohen Lichtintensitäten, der lineare Bereich der Sensoren verlassen wird und eine Sättigung eintritt.

Die Voraussetzung eines linearen Zusammenhangs von Intensität und Sensorsignal ist dann nur in einem kleinen Bereich gültig und nicht mehr über den Bereich von "Null" bis zum gemessenen Wert. Eine Interpolation zwischen benachbarten Werten ist aber auch in diesem Fall möglich und liefert gute Meßergebnisse.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Zusammenhang mit den Zeichnungen.

Darin zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch eine Vorrichtung gemäß eines ersten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 die Intensitätsverteilung über der Wellenlänge der Lichtquelle in dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1;

Fig. 3 die spektrale Transmission des Filters in dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1;

Fig. 4 die spektrale Empfindlichkeit des helladaptierten menschlichen Auges bei Beleuchtung mit der Standardlichtart C;

Fig. 5 einen Vergleich der Soll- und Ist-Spektren mit der Vorrichtung gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1;

Fig. 6 ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei der ein Lichtmuster auf die zu messende Oberfläche projiziert wird;

Fig. 7 das von der ersten optischen Einrichtung projizierte Lichtmuster gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 6;

Fig. 8 den prinzipiellen schaltungstechnischen Aufbau eines weiteren Ausführungsbeispiels;

Fig. 9 einen Schnitt durch eine Vorrichtung gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 8; und

Fig. 10 ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, welches mehrere Sätze von optischen Einrichtungen aufweist.

Ein erstes Ausführungsbeispiel wird nun in bezug auf die Fig. 1 bis 5 beschrieben.

Die in Fig. 1 im Schnitt dargestellte Meßeinrichtung zur Bestimmung der Qualität von Oberflächen weist ein Gehäuse 1 mit einer darin vorgesehenen Öffnung 7 auf. Das Gerät wird mit der Öffnung 7 auf die zu untersuchende Meßfläche 8 aufgesetzt. In dem Gerät ist ein erstes optisches System 30 angeordnet, das eine erste optische Einrichtung 2 und eine zweite optische Einrichtung 10 umfaßt.

Die beiden optischen Einrichtungen 2, 10 sind mit ihren optischen Achsen in Winkeln 17, 18 zur Senkrechten auf der Meßfläche 8 angeordnet. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Winkel 17, 18 symmetrisch gewählt und betragen 45° . Insbesondere zur Glanzmessung wird in eine Variation der Vorrichtung ein Winkel von 60° bevorzugt.

In der ersten optischen Einrichtung 2 ist eine Lichtquelle 3 angeordnet, die als Leuchtdiode ausgeführt ist und deren emmittiertes Spektrum im wesentlichen im gesamten sichtbaren Bereich Intensität aufweist.

Das von der Leuchtdiode 3 ausgestrahlte Licht trifft auf eine Streuscheibe 16, die im Ausführungsbeispiel vor einer Blende 4 angeordnet ist. Die Streuscheibe 16 kann eine Oberflächen- oder Volumenstreuscheibe sein, die das von der Leuchtdiode 3 ausgestrahlte Licht über die gesamte Öffnung der Blende 4 gleichmäßig verteilt, so daß das durch die Blende 4 weitergeleitete Licht über der Blendenöffnung und insbesondere über der Meßfläche eine homogene Intensitätsverteilung aufweist.

Im weiteren Strahlengang ist eine Filtereinrichtung angeordnet, die einen Filterhalter 6 aufweist, in der ein spektraler Filter 9 angeordnet ist. Ein Filter 9 der Filtereinrichtung ist im Ausführungsbeispiel als Transmissionsfilter ausgeführt und besteht aus passend gefärbtem Quarzglas und dient im Ausführungsbeispiel dazu, das von der Lichtquelle 3 ausgestrahlte Spektrum derart zu modifizieren, daß im wesentlichen eine Annäherung der ausgestrahlten spektralen Intensität an die Normlichtart C erzielt wird.

Die Filtereinrichtung verändert das Spektrum derart, daß ein Meßspektrum verwendet wird, welches proportional dem Produkt der Spektren aus Augenempfindlichkeit des helladaptierten Auges $V_{(\lambda)}$ und dem Spektrum der Normlichtart C ist..

Die Linse 5 in der ersten optischen Einrichtung 2 parallelisiert das ausgestrahlte Licht, welches dann auf die zu messende Oberfläche 8 auftrifft und dort gemäß der Fresnelschen Reflexionsgesetze unter dem gleichen Winkel reflektiert wird, unter dem es auftrifft.

Das von der Oberfläche bzw. Meßfläche reflektierte Licht tritt in die zweite optische Einrichtung 10 ein und wird von der dort vorgesehenen Linse 11 gebündelt. Ferner ist in der zweiten optischen Einrichtung 10 eine Blende 12 angeordnet, die im wesentlichen nur die relevanten Strahlen und Anteile transmittiert, so daß der dahinter angeordnete Fotosensor 13 nur das von der Oberfläche reflektierte Licht aufnimmt. Die Blende 13 dient als Fourierfilter in dieser zweiten optischen Einrichtung 10.

Das von der Leuchtdiode 3 ausgestrahlte Licht weist ein Spektrum 21 auf, welches im dargestellten Bereich zwischen 380 und 770 nm Intensität ausstrahlt, wobei ein erstes, absolutes Maximum der Strahlung zwischen 460 und 490 nm bei etwa 475 nm und ein weiteres relatives Maximum zwischen 560 und 580 nm auftritt.

Die Intensität ist in relativen Einheiten, bezogen auf die maximal ausgestrahlte spektrale Intensität, aufgetragen. Neben dem Kurvenverlauf 21 sind einzelne Meßpunkte bzw. Meßwerte 21a eingezeichnet, die durch geschwärzte Quadrate gekennzeichnet sind.

Die Leuchtdiode, z.B. eine Leuchtdiode der Firma Nichia, weist spektrale Anteile, die größer als 2 % der maximalen spektralen Intensität sind, in einem Bereich zwischen etwa 430 und 740 nm auf.

Der in Fig. 3 dargestellte spektrale Verlauf 22 des Transmissionsfilters 9 der ersten optischen Einrichtung 2 hat ein Maximum der Transmission bei etwa 550 nm; zu kürzeren und zu längeren Wellenlängen fällt der Transmissionsgrad des Filters 9 ab. Meß-

punkte 23a der spektralen Transmission 22 sind ebenfalls im Abstand von etwa 10 nm in Fig. 3 dargestellt.

Die über der Wellenlänge aufgetragenen Transmissionsgrade sind ebenfalls normiert, d. h. bezogen auf die maximale Transmission, aufgetragen, so daß diese in dem genannten Bereich ca. 100 % erreicht.

In Fig. 4 ist die spektrale Intensität 23 eines idealen Meßsystems über der Wellenlänge dargestellt, wobei einzelne Stütz- bzw. Meßpunkte 23a in einem Abstand von ebenfalls etwa 10 nm eingetragen sind. Wie in den Fig. 2 und 3 ist eine relative Intensität aufgetragen, die auf die maximale spektrale Intensität bezogen ist und deshalb Werte zwischen 0 und 100 % umfaßt.

Bei Messungen nach der internationalen Norm ISO 2813 gemäß der dritten Ausgabe vom 01.08.1994 wird bei der Messung des Glanzes von Oberflächen die Normlichtart C der CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) vorgeschrieben, bzw. bei der Messung des Glanzes von Oberflächen soll eine spektrale Funktion der Vorrichtung derartige Eigenschaften aufweisen, daß sich ein spektraler Meßverlauf ergibt, der eine Beleuchtung mit der Lichtart C gewichtet mit der spektralen Augenempfindlichkeit des helladaptierten Auges $V_{(\lambda)}$ ergibt.

Der Filter 9 ist austauschbar und kann durch einen Filter ersetzt werden, der ein Meßspektrum für das dunkel adaptierte Auge $V'_{(\lambda)}$ erzeugt (vgl. z.B. Bergmann Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Band III, Optik, 8. Auflage, 1987, Seiten 674 ff., 718, 730-743).

Eine solche spektrale Verteilung hat den Vorteil, daß z. B. der Glanz mit einer spektralen Verteilung bestimmt wird, die der Beleuchtung mit Tageslicht entspricht, wobei die Augenempfind-

lichkeit eines "durchschnittlichen" bzw. "genormten" Menschen berücksichtigt wird.

In einer solchen Vorrichtung bzw. einem Glanzmeßgerät wird das Spektrum von verschiedenen Komponenten beeinflusst. Das von der Lichtquelle ausgestrahlte Licht wird durch die verschiedenen optischen Komponenten, wie Linsen, Filter und dergleichen mehr unterschiedlich spektral beeinflusst.

Neben der zu messenden Oberfläche wird das Spektrum weiterhin durch die spektrale Empfindlichkeit des verwendeten Sensors beeinflusst, so daß das Meßergebnis sich als Produkt der spektralen Verläufe von Lichtquelle, Streuscheibeneinrichtung, optischen Filtern, weiteren verwendeten optischen Elementen wie Linsen und dergleichen, sowie des Sensors multipliziert mit dem spektralen Reflexionsvermögen der zu untersuchenden Oberfläche ergibt.

Die zuerst angeführten Einflüsse definieren das Gerätespektrum, welches dem in Fig. 23 dargestellten Spektrum angenähert werden sollte, um Messungen gemäß der ISO 2813 zu ermöglichen.

Bei dem erfindungsgemäßen Glanzmeßgerät wird das Gerätespektrum an das ideale Spektrum angenähert, indem eine Leuchtdiode mit einem Spektrum 21, wie in Fig. 2 dargestellt, in Verbindung mit einer Filtereinrichtung mit einem spektralen Verlauf 22, wie in Fig. 3 dargestellt, verwendet wird.

Die zusammengefaßten Geräteeigenschaften ergeben einen spektralen Verlauf 24, der in Fig. 5 dargestellt ist. Vergleichsweise ist in Fig. 5 das ideale Spektrum 23 aufgetragen, wobei einzelne Meßpunkte 24a des realen und des idealen Spektrums zusätzlich eingezeichnet sind. Im dargestellten Bereich sind die Abweichungen zwischen idealem und realem Spektrum klein, so daß

von einer guten Anpassung an die gemäß ISO 2813 vorgeschriebenen Meßbedingungen ausgegangen werden kann.

Insbesondere weisen beide Spektren bei etwa 570 nm das absolute Maximum auf, und auch die Flanken bis etwa 50 % maximaler Intensität sind nahezu deckungsgleich. Im roten Bereich des Spektrums zwischen 600 und 700 nm entspricht der Verlauf des idealen Spektrums dem Verlauf des realen Spektrums sehr genau.

Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Fotosensor ein CCD-Chip, bei dem das elektrische Ausgangssignal der einzelnen Fotoelemente jeweils einzeln bestimmbar ist. Verschiedene Pixel des CCD-Chips können so zu einzelnen Sensoren zusammengefaßt werden, so daß effektiv mehrere verschiedene Sensoren zur Verfügung stehen, die unterschiedliche Abmessungen aufweisen und geometrisch an unterschiedlichen Orten angeordnet sind.

Paralleles Licht, das von einem idealen Spiegel reflektiert wird, tritt als paralleles Licht in die zweite optische Einrichtung ein, wo es durch die dort angeordnete Linse 11 gebündelt wird, und trifft auf den Fotosensor 13 der zweiten optischen Einrichtung auf, dessen Signale zur Ableitung des Glanzes herangezogen werden.

Bei einer nicht ideal reflektierenden Oberfläche wird ein Teil diffus reflektiert, so daß auch andere Teile des CCD-Chips ausgeleuchtet werden. Diese Anteile des aufgenommenen Lichts können zur Bestimmung des Schleierglanzes, der DOI und des Orange peel verwendet werden.

Die Einteilung der CCD-Fläche in unterschiedliche Sensoren wird durch eine Steuerungseinrichtung (nicht dargestellt) gesteuert und kann so erfolgen, daß optische Kenngrößen nach unterschied-

tischen Filter 9 durch, wo das emittierte Spektrum 21 an das ideale Spektrum 23 angepaßt wird, so daß wiederum ein Spektrum 24, wie in Fig. 5 dargestellt, zur Messung verwendet wird.

Bei dieser Ausführungsform ergeben sich neben den Meßmöglichkeiten, die in bezug auf das erste Ausführungsbeispiel beschrieben wurden, weitere Möglichkeiten zur Bestimmung von optischen Kennwerten der zu messenden Oberfläche.

Mit zunehmender Rauhigkeit der zu messenden Oberfläche nimmt der Kontrast des auf den Fotosensor abgebildeten Lichtmusters ab, so daß eine Auswertung des Kontrastes zwischen den hellen Bereichen bzw. Kanten 52 und den dunklen Kanten 51 ein Maß für die Rauhigkeit der zu messenden Oberfläche ergibt.

Ein schlechterer Glanz bewirkt eine geringere Intensität, wobei sich der Kontrast zwischen hellen und dunklen Bereichen nicht verändern muß. Auch ein orange peel auf der Oberfläche führt zu einer Verzerrung der einzelnen dunklen und hellen Linien, so daß durch Auswertung des Verlaufs der einzelnen Linien auf die Oberflächenwelligkeit bzw. Oberflächenkrümmung geschlossen werden kann.

Ferner kann durch Auswertung des Lichtmusters bei Messung strukturierter Oberflächen auf die Struktur der Oberfläche geschlossen werden.

Ein Rechteckprofil führt bei geeigneter Orientierung des Lichtmusters zum Versatz einzelner Linien im Bereich der Vertiefungen, während ein Sägezahn- oder Dreieckprofil auf der zu messenden Oberfläche zu entsprechend geneigten Linienbereichen führt.

Durch eine, z. B. digitale, Bildverarbeitung können in der Steuereinrichtung (nicht dargestellt) auf diese Weise die verschiedensten Oberflächenkennwerte abgeleitet werden.

Im Ausführungsbeispiel werden bei dem aufgenommenen Bild die Intensitäten und der Kontrast ausgewertet. Ferner werden die Gradienten von einem Pixel zum nächsten im Bereich des Lichtmusters bestimmt. Durch eine gewichtete Integration bzw. durch eine Mittelwertbildung der Gradienten bzw. aller Gradienten im Bereich des Lichtmusters wird ein charakteristisches Maß für die Struktur der Meßfläche bestimmt.

Ein drittes Ausführungsbeispiel wird nun in bezug auf die Fig. 8 und 9 beschrieben, wobei in Fig. 8 der prinzipielle schaltungstechnische Aufbau beschrieben ist, wie er im wesentlichen auch in den Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 1 und Fig. 6 verwendet wird.

Das Oberflächenmeßgerät zur Bestimmung des Glanzes und der anderen optischen Kenngrößen weist eine Leuchtdiode 3 als Strahlungsquelle auf, wobei der Betrieb der Lichtquelle durch eine Steuereinrichtung 60 gesteuert wird, die einen handelsüblichen Mikroprozessor enthält.

Die Steuereinrichtung 60 wird durch ein Programm gesteuert, das in einem Speicher 61 abgelegt ist. Eine Eingabeeinrichtung 62 weist verschiedene Schalter bzw. Schaltungsmöglichkeiten auf und dient zur Eingabe von Steuerbefehlen, um z. B. den Meßablauf zu starten oder die zu bestimmende optische Kenngröße auszuwählen.

Ein Display 65 ist als LCD-Display ausgeführt und dient zur Ausgabe der Meßergebnisse.

Die Vorrichtung kann an einen externen Computer 66 angeschlossen werden, um die in der Speichereinrichtung 61 abgelegten Meßergebnisse übermitteln zu können, und um eine weitergehende Analyse, eine Archivierung oder dergleichen vorzunehmen.

Das in Fig. 9 dargestellte Meßgerät hat ein Gehäuse 100, in dem die Meßoptik untergebracht ist. Ein erstes optisches System 30 umfaßt, wie in den vorangegangenen Ausführungsbeispielen, eine erste optische Einrichtung 2 und eine zweite optische Einrichtung 10, deren optische Achsen jeweils unter Winkeln 17, 18 zu der Normalen der zu messenden Oberfläche 108 ausgerichtet sind.

Je nach Anwendungsfall betragen die Winkel 17, 18 vorzugsweise 20°, 45°, 60°, 85° oder einen anderen Betrag, wie er z. B. in internationalen Standards definiert ist.

In der ersten optischen Einrichtung ist als Strahlungsquelle eine Leuchtdiode 3 vorgesehen, welche die Fig. 2 abgebildeten spektralen Eigenschaften aufweist und somit "weißes" Licht ausstrahlt.

Das von der ersten optischen Einrichtung ausgestrahlte, von der zu untersuchenden Meßfläche 108 reflektierte und von der zweiten optischen Einrichtung 10 aufgenommene Licht wird auf den Fotosensor 13 gelenkt, der als Farb-CCD-Chip ausgeführt ist, um die Farbe des aufgenommenen Lichtes zu erfassen. Insgesamt weist das Meßgerät eine optische Charakteristik auf, wie sie in Fig. 5 dargestellt ist.

Zusätzlich zu den vorangegangenen Ausführungsbeispielen ist in dieser Vorrichtung eine dritte optische Einrichtung 130 vorgesehen, die eine Leuchtdiode als Lichtquelle 133 aufweist, deren Licht in etwa senkrecht auf die zu untersuchende Oberfläche ausgerichtet ist.

Das von der Oberfläche diffus reflektierte Licht tritt wenigstens teilweise in die zweite optische Einrichtung ein und wird von dem Fotosensor 13 aufgenommen. Da der optische Sensor 13 als Farb-CCD-Chip ausgeführt ist, der jeweils benachbart drei spektral unterschiedlich empfindliche fotosensitive Elemente aufweist, ist die Farbe des reflektierten Lichts und somit der zu messenden Oberfläche bestimmbar.

Ein weiterer Unterschied zu den bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen ist, daß das Gerät nicht direkt auf die zu messende Oberfläche 108 aufgesetzt wird, sondern mittels (schematisch angedeuteter) mindestens zweier Gummiwalzen 103, 104 oder mindestens vier Gummiräder 103, 104.

Die Walzen bzw. Räder 103, 104 sind drehbeweglich (nicht dargestellt), in dem Gehäuse 100 angeordnet bzw. gelagert und mindestens eines der Gummiräder bzw. Walzen ist mit einer Wegstreckenmeßeinrichtung 67 (siehe Fig. 8) versehen, die Winkelbewegungen der Gummiräder 103 erfaßt und ein dafür repräsentatives elektrisches Signal ausgibt.

In diesem Ausführungsbeispiel ist der von der Vorrichtung bzw. dem Meßgerät auf der Oberfläche zurückgelegte Weg erfaßbar. Es kann in vorbestimmten Abständen auf der zu messenden Oberfläche die zu bestimmende oder die zu bestimmenden optischen Kenngrößen erfaßt werden, die dann zusammen mit einer Ortsangabe in der Speichereinrichtung 61 abgelegt werden, so daß auch große Bauteile, oder z. B. Kraftfahrzeugkarosserien, flächig vermessen werden können.

In Fig. 10 ist ein viertes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Oberflächenmeßgeräts dargestellt, bei dem drei optische Systeme 30, 31 und 32 verwendet werden. Jedes optische

System weist eine erste (2a, 2b, 2c) und eine zweite optische Einrichtung (10a, 10b, 10c) auf.

Die erste optische Einrichtung 2a und die zweite optische Einrichtung 10a des ersten optischen Systems 30 sind jeweils unter einem Winkel von 20° zur Normalen der Meßoberfläche 8 angeordnet, um die optischen Kenngrößen und insbesondere den Glanz der zu messenden Oberfläche zuverlässig und genau bestimmen zu können, wenn z.B. eine hochglänzende Oberfläche beurteilt werden soll.

Die erste optische Einrichtung 2a weist eine Leuchtdiode 3a und eine Filter- und Blendeneinrichtung 4a auf, die das von der Leuchtdiode emittierte Spektrum gemäß der in den Figuren 2 bis 5 dargestellten Spektren verändert und anpaßt.

Eine Linse 5a ist weiterhin im Strahlengang zur zu messenden Oberfläche angeordnet, und eine symmetrisch angeordnete Linse 11a bündelt das an der Oberfläche reflektierte Licht auf die zweite optische Einrichtung, in der eine Einrichtung 12a angeordnet ist, die eine Blende und eine Fotozelle umfaßt.

Das zweite optische System 31 ist ähnlich dem ersten optischen System aufgebaut, allerdings sind die ebenfalls symmetrisch angeordneten ersten (3b) und zweiten optische Einrichtungen (12b) unter einem Winkel von 60° zur Normalen bzw. Senkrechten auf der zu messenden Oberfläche 8 ausgerichtet.

Mit dieser Meßgeometrie kann der Glanz von im wesentlichen allen zu untersuchenden Oberflächen ermittelt werden. Der Meßwinkel von 60° kann verwendet werden, um sowohl schwach reflektierende als auch stark reflektierende Oberfläche zu vermessen.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel weist das erfindungsgemäße Oberflächenmeßgerät ein drittes optisches System auf, dessen ausgestrahltes Licht unter einem Winkel von 85° zur Normalen der Meßoberfläche ausgerichtet ist.

Die erste optische Einrichtung 3c des dritten optischen Systems 32 weist eine Leuchtdiode als Lichtquelle 3c und eine Blenden- und Filtereinrichtung 4c auf, so daß als Meßspektrum das in Fig. 5 mit Bezugszeichen 24 bezeichnete Spektrum bei der Messung Anwendung findet.

Das durch die Blenden- und Filtereinrichtung 4c der ersten optischen Einrichtung 3c des dritten optischen Systems 32 ausgestrahlte Licht wird von einer Faser 202 zu einer Blende 204 geleitet und nahezu senkrecht zur zu messenden Oberfläche ausgerichtet abgestrahlt. Ein nahe der Oberfläche angeordnetes Prisma 203 lenkt das Licht derart um, daß es unter einem Winkel von 85° zur Oberflächennormalen auf die Meßoberfläche 8 auftrifft.

Das reflektierte Licht wird von einem Prisma 206 aufgenommen, welches das Licht in Richtung des Fotosensors 12c in der zweiten optischen Einrichtung des dritten optischen Systems 32 umlenkt.

Die 85° -Geometrie eignet sich besonders für schwach glänzende Oberflächen.

Die drei optischen Systeme 30 bis 32 des Meßgerätes 200 gemäß diesem Ausführungsbeispiel sind dabei derart angeordnet, daß das jeweils von der ersten optischen Einrichtung der unterschiedlichen optischen Systeme ausgestrahlte Licht sich in einem Meßpunkt 8 auf der zu untersuchenden Oberfläche schneiden, so daß alle drei optischen Systeme im wesentlichen den gleichen

Meßpunkt ausleuchten, wozu in der Grundplatte 201 des Meßgeräts eine entsprechende Öffnung vorgesehen ist.

Bei allen beschriebenen Ausführungsbeispielen werden die Meßwerte mit in der Speichereinrichtung 61 abgelegten Vergleichswerten verglichen, die durch Messung verschiedener Referenzstandards bzw. Referenzoberflächen ermittelt wurden. Dadurch wird es ermöglicht, die optischen Kenngrößen durch eine Interpolation zwischen benachbarten Kenngrößen zu bestimmen.

Weiterhin ist in allen beschriebenen Ausführungsformen das Gehäuse 1, 100 oder 200 kleinbauend gestaltet und weist in etwa die Größe eines Buches auf, so daß das Oberflächenmeßgerät vom Benutzer einfach mitgenommen werden kann und auch zur Messung an Oberflächenstellen verwendet werden kann, die schlecht zugänglich sind und deshalb eine Messung mit großbauenden Meßgeräten nicht ermöglichen.

Ansprüche

1. Vorrichtung (1) zur quantifizierten Bestimmung der Qualität von Oberflächen mit:

einem optischen System (30, 31, 32), welches

eine erste optische Einrichtung (2, 2a, 2b, 2c) aufweist mit wenigstens einer Beleuchtungseinrichtung (3, 3a, 3b, 3c), deren Licht in einem vorbestimmten Winkel (18) auf eine Meßfläche, die Teil der zu messenden Oberfläche ist, gerichtet ist, sowie

eine zweite optische Einrichtung (10, 10a, 10b, 10c), welche in einem vorbestimmten Winkel (17) zu dieser Meßfläche ausgerichtet ist, und welche das von der Meßfläche (8) reflektierte Licht aufnimmt, wobei diese zweite optische Einrichtung (10, 10a, 10b, 10c) wenigstens einen Fotosensor (13) aufweist, welcher ein elektrisches Meßsignal ausgibt ist, das für das reflektierte Licht charakteristisch ist;

einer Steuer- und Auswerteeinrichtung (60), die zur Steuerung des Meßablaufs und zur Auswertung der Meßergebnisse vorgesehen ist und die wenigstens eine Proessoreinrichtung (60) und wenigstens eine Speichereinrichtung (61) aufweist;

einer Ausgabeeinrichtung (65);

wobei diese Beleuchtungseinrichtung (3, 3a, 3b, 3c) wenigstens eine Lichtquelle (3, 3a, 3b, 3c) aufweist, welche eine Leuchtdiode (3, 3a, 3b, 3c) (LED) ist,

wobei dieses von dieser Beleuchtungseinrichtung (3, 3a, 3b, 3c) ausstrahlbare Licht derart beschaffen ist, daß die spektrale Charakteristik (21, 23, 24) vorzugsweise wenigstens blaue, grüne und rote Spektralanteile im sichtbaren Spektrum aufweist und,

wobei eine Filtereinrichtung (6, 9) vorgesehen ist, welche in dem Strahlengang zwischen dieser Lichtquelle (3, 3a, 3b, 3c) und diesem Fotosensor (13) angeordnet ist, und welche die spektrale Charakteristik einfallenden Lichts (21) gemäß vorbestimmter Filtereigenschaften (22) derart verändert, daß die spektrale Charakteristik (24) im wesentlichen einer vorbestimmten spektralen Verteilung (23, 24) angenähert wird, und

wobei diese Auswerteeinrichtung (60) dieses reflektierte Licht auswertet und daraus wenigstens eine Kennzahl ableitet, welche diese Oberfläche charakterisiert.

2. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese charakteristische Kenngröße dieser Meßfläche der Glanz ist.
3. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwei, drei oder mehr charakteristische Kenngrößen dieser Meßfläche bestimmt werden.
4. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine dieser wenigstens einen charakteristischen Kenngröße einer Gruppe von Kenngrößen entnommen ist,

welche Glanz, Glanzschleier, Abbildungsschärfe (DOI) und Farbe umfaßt.

5. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese charakteristische optische Kenngröße ein repräsentatives Maß für die typische Wellenlänge und deren Amplitude (Orange peel) der Topologie der Oberfläche dieser Meßfläche in einem vorbestimmten Wellenlängenintervall ist, wobei diese Auswertung auch in zwei oder mehr Wellenlängenbereichen erfolgen kann.
6. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese vorbestimmte spektrale Verteilung (23) eine Standardverteilung ist, welche eine Lichtart aufweist, die einer Gruppe von Lichtstandards entnommen ist, welche die Normlichtart C, die Normlichtart D65, die Normlichtart A und dergl. mehr umfaßt.
7. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine spektrale Meßcharakteristik, die ein Produkt aus der spektralen Charakteristik des auf die Meßfläche ausgestrahlten Lichts und der spektralen Empfindlichkeit des Sensors proportional zu einem Produkt aus einer spektralen Verteilung einer Standardlichtart und der Augenempfindlichkeit des menschlichen Auges ist.
8. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Filtereinrichtung (6, 9) wenigstens einen oder mehrere Filter (9) aufweist, welche vorbestimmte spektrale Eigenschaften (22) haben, so daß das von dieser wenigstens

einen Lichtquelle (3, 3a, 3b, 3c, 130) ausgestrahlte Licht gezielt spektral beeinflussbar ist.

9. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dieser ersten optischen Einrichtung (2, 2a, 2b, 2c) eine Streuscheibeneinrichtung (16) und eine einer Blenden- einrichtung angeordnet sind, wobei diese Streuscheibenein- richtung (16) derart beschaffen ist, daß eine homogene Aus- leuchtung dieser Meßfläche (8) erzielbar ist.
10. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden An- sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Beleuchtungseinrichtung (3, 3a, 3b, 3c, 130) we- nigstens eine zweite oder mehr Lichtquellen (3, 3a, 3b, 3c, 130) aufweist, welche vorzugsweise als Leuchtdioden ausge- führt sind, wobei vorzugsweise jede dieser Lichtquellen (3, 3a, 3b, 3c, 130) eine unterschiedliche spektrale Charakte- ristik (21, 23, 24) aufweist.
11. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden An- sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Auswerteeinrichtung (60) über ein in dieser Spei- chereinrichtung (61) gespeichertes Programm diese Meßsigna- le auswertet und/oder in dieser Speichereinrichtung (61) speichert.
12. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden An- sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese zweite optische Einrichtung (10, 10a, 10b, 10c) eine Vielzahl von Fotosensoren (13) beinhaltet, welche be- nachbart angeordnet sind.

13. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein erster Teil dieses von dieser ersten optischen Einrichtung ausgestrahlten Lichts ein Lichtmuster (50) aufweist, welches vorzugsweise wenigstens eine Hell-/Dunkelkante (52, 51) umfaßt.
14. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vielzahl von Hell-/Dunkelkanten (52, 51) vorgesehen sind und wenigstens ein Teil wenigstens abschnittsweise (54) parallel zueinander verläuft, und daß vorzugsweise wenigstens ein Teil dieser Vielzahl von Hell-/Dunkelkanten (52, 51) in einer Form angeordnet ist, welche einer Gruppe von Formen entnommen ist, welche Gitter- (54), Kreuzgitter-, Ellipsen-, Kreisformen und dgl. mehr umfaßt.
15. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mit dieser Auswerteeinrichtung (60) für wenigstens einen Teil dieser Vielzahl von Fotosensoren (13) jeweils wenigstens eine Steigung des Meßsignals aus einer Differenz dieses Meßsignals dieses Fotosensors (13) mit diesem Meßsignal eines nächsten Fotosensors (13) ableitbar ist.
16. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Auswerteeinrichtung (60) derart ausgebildet ist, daß wenigstens ein Durchschnittskennwert wenigstens eines Teils der Steigungen bestimmbar ist und daraus eine charakteristische Strukturkennzahl für eine strukturbedingte Eigenschaft dieser Oberfläche (8) bestimmbar ist.

17. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Vorrichtung eine dritte optische Einrichtung (130) mit wenigstens einer Lichtquelle (133) aufweist und Licht mit einer vorgegebenen spektralen Charakteristik (21, 23, 24) ausstrahlt, welches in einem vorbestimmten Winkel auf diese Meßfläche (8) gerichtet ist.
18. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dieser vorbestimmte Winkel (17, 18), in welchem das von wenigstens einer dieser optischen Einrichtungen (2, 10, 130; 2a, 10a; 2b, 10b; 2c, 10c) ausgestrahlte Licht zu dieser Meßfläche (8) ausgerichtet ist, einer Gruppe von Winkeln entnommen ist, welche insbesondere die Winkel 0° , 5° , 10° , 15° , 20° , 30° , 45° , 60° , 75° , 80° und 85° umfaßt, wobei vorzugsweise diese vorbestimmten Winkel (17, 18) unterschiedlicher optischer Einrichtungen unterschiedlich sind.
19. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweites (2b, 10b) und vorzugsweise ein drittes optisches System (2c, 10c) vorgesehen ist, und daß vorzugsweise die optischen Systeme unter 20° (2a, 10a), 60° (2b, 10b) und 85° (2c, 10c) angeordnet sind.
20. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dieses von dieser dritten optischen Einrichtung (130) ausgestrahlte Licht in einem derartigen Winkel auf die Oberfläche gerichtet ist, daß das unmittelbar von der Meßfläche (8) gemäß der Fresnel'schen Reflexion gerichtet reflektierte Licht gegenüber dieser Meßfläche einen anderen Winkel aufweist, als der Winkel zwischen dieser Meßflä-

che (8) und dem von dieser Meßfläche (8) gerichtet reflektierten Licht, welches von dieser ersten optischen Einrichtung (2, 2a, 2b, 2c) ausgestrahlt wird.

21. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese wenigstens eine Lichtquelle (133) dieser dritten optischen Einrichtung (130) wenigstens eine Leuchtdiode (3) aufweist, deren ausgestrahltes Licht eine derartige spektrale Charakteristik (21, 23, 24) hat, daß die Farbe des ausgestrahlten Lichts „weiß“ ist.
22. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Fotosensor (13) wenigstens zwei, vorzugsweise drei oder mehr fotosensitive Elemente aufweist, deren elektrische Ausgangssignale einzeln erfaßbar sind und die sich in ihrer spektralen Charakteristik unterscheiden, so daß als optische Kenngröße dieser Meßfläche (8) die Farbe des reflektierten Lichtes erfaßbar ist.
23. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese erste und/oder diese dritte optische Einrichtung (2, 2a, 2b, 2c, 130) im wesentlichen paralleles Licht ausstrahlt.
24. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese erste und/oder dritte optische Einrichtung (2, 2a, 2b, 2c, 130) im wesentlichen divergentes oder konvergentes Licht ausstrahlt.

25. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine optische Einrichtung (2, 2a, 2b, 2c, 130) wenigstens einen Lichtstreifen (52) mit vorbestimmter Länge und Breite senkrecht zur Ausbreitungsrichtung ausstrahlt.
26. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in möglichst unmittelbarer Nähe wenigstens einer Lichtquelle (3, 3a, 3b, 3c, 133) und/oder wenigstens eines Fotosensors (13) wenigstens eine Temperaturmeßeinrichtung angeordnet ist, welche zur Bestimmung der charakteristischen Temperatur der jeweiligen Lichtquelle (3, 3a, 3b, 3c, 133) und/oder des jeweiligen Fotosensors (13) vorgesehen ist, damit eine temperaturkorrigierte Bestimmung dieser wenigstens einen Kenngröße erfolgen kann.
27. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Teil des Verlaufs des Abbilds dieser wenigstens einen Hell-/Dunkelkante (52, 51) auf dieser Vielzahl von Fotosensoren (13) bestimmt wird und durch eine Abweichung vom idealen Verlauf von diesem gemessenen Verlauf ein charakteristischer Oberflächen-Kennwert dieser Meßfläche (8) bestimmt wird.
28. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Vorrichtung (1) relativ zur Meßfläche (8) in einer im wesentlichen abstandsgleichen Richtung verschiebbar ist, und daß eine Wegstreckenmeßeinrichtung (67) vorgesehen ist, welche diese relative Verschiebung quantitativ erfaßt, und daß weiterhin eine Speichereinrichtung (61) vorgesehen

ist, in welcher die entlang vorgegebener Meßstellen auf der Oberfläche gemessenen Strukturkennwerte und/oder optischen Kenngrößen abgespeichert werden.

29. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Meßrad (103, 104) vorgesehen ist, welches während der Messung auf der zu messenden Oberfläche (8) aufgesetzt ist, und sich während der Relativbewegung zwischen der Vorrichtung (1, 100, 200) und der zu messenden Oberfläche (8) dreht.

30. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eines dieses wenigstens einen Meßrades (103, 104) mit einem Drehwinkel-Geber (67) verbunden ist, der ein elektrisches Drehwinkelsignal ausgibt, welches für den vom Meßrad (103, 104) zurückgelegten Drehwinkel repräsentativ ist.

31. Verfahren zur quantifizierten Bestimmung der Qualität von Oberflächen, insbesondere unter Verwendung einer Vorrichtung (1, 100, 200) gemäß mindestens einem vorhergehenden Ansprüche, bei welchem

eine erste optische Einrichtung (2, 2a, 2b, 2c) mit einer ersten als Leuchtdiode (3) (LED) ausgeführten Lichtquelle (3, 3a, 3b, 3c) vorgesehen ist, um deren ausgestrahltes Licht mit vorzugsweise blauen, grünen und roten Spektralannteilen unter einem vorbestimmten Winkel (18) auf eine zu messende Oberfläche (8) zu richten, und

eine zweite optische Einrichtung (10, 10a, 10b, 10c) vorgesehen ist, welche wenigstens einen Fotosensor (13) auf-

weist, welche in einem zweiten vorbestimmten Winkel (17) zu dieser Meßfläche (8) ausgerichtet ist, um das von der Meßfläche (8) reflektierte Licht aufzunehmen, wobei dieser wenigstens eine Fotosensor (13) ein elektrisches Meßsignal ausgibt, welches für das aufgenommene Licht charakteristisch ist, und

eine Steuer- und Auswerteeinrichtung (60) angeordnet ist, die den Meßablauf steuert und die Meßergebnisse auswertet, die wenigstens eine Prozessoreinrichtung (60) beinhaltet und welche diese Meßsignale in einer Speichereinrichtung (61) speichert, und

eine Ausgabe-Einrichtung (65) die Meßergebnisse ausgibt, und

diese Auswerteeinrichtung (60) dieses reflektierte Licht auswertet und daraus wenigstens eine Kennzahl ableitet, welche die zu messende Oberfläche (8) charakterisiert.

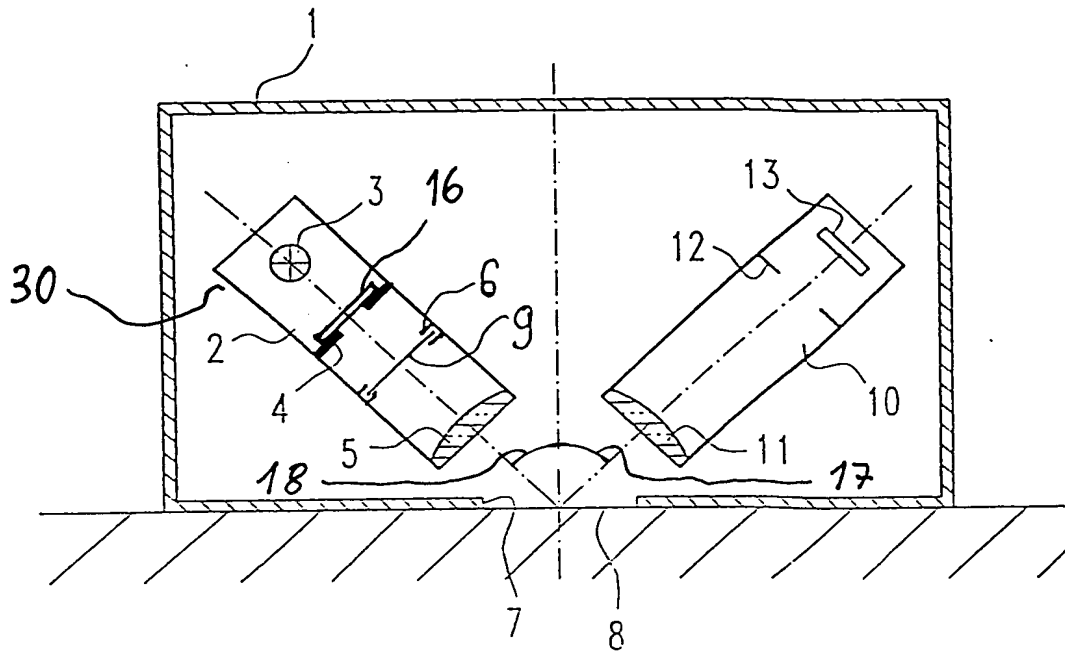


Fig. 1

2/6

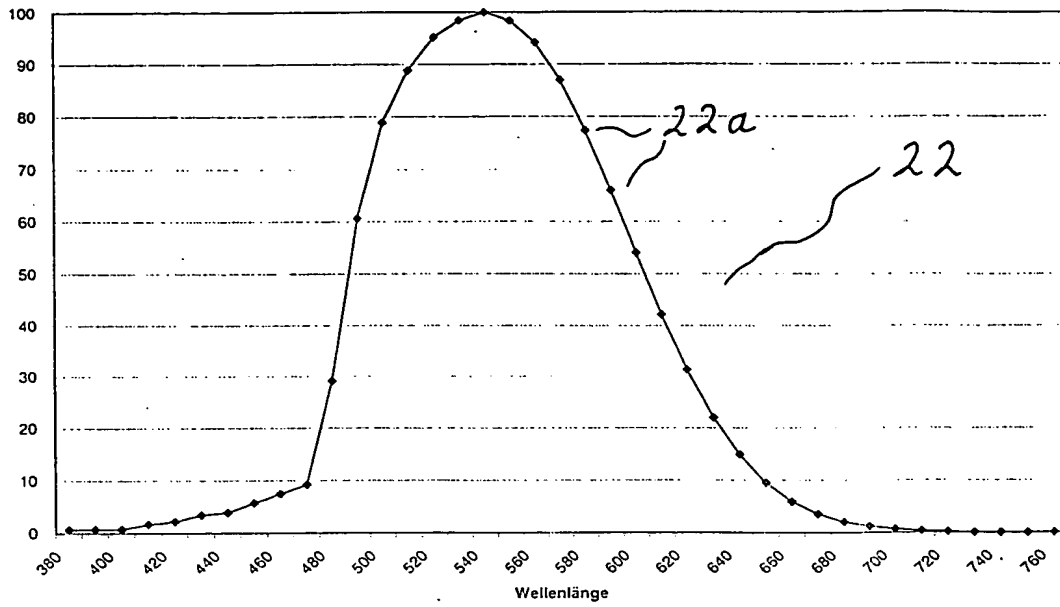


Fig. 3

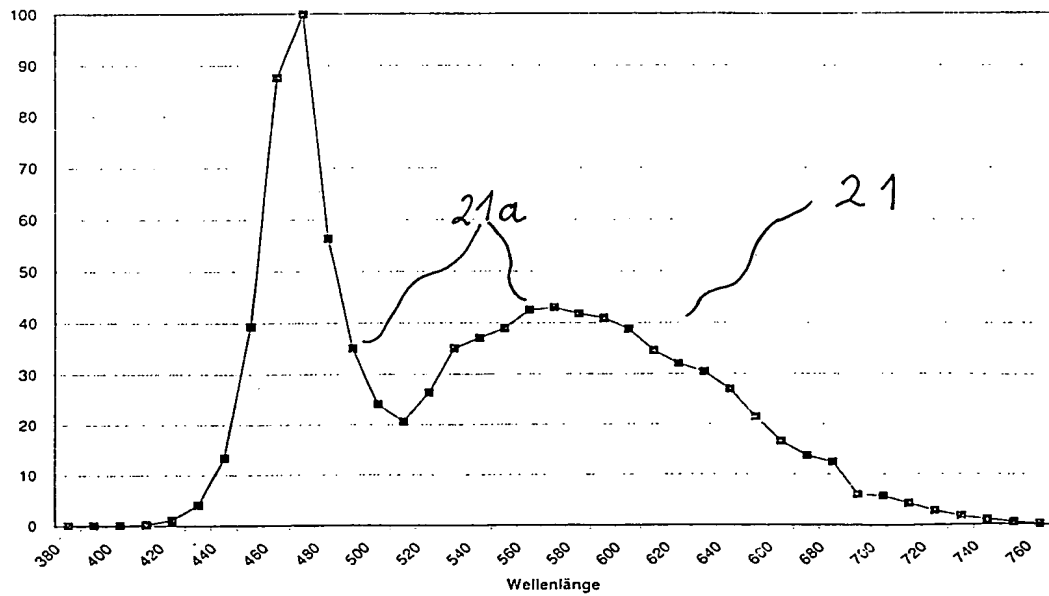


Fig. 2

3/6

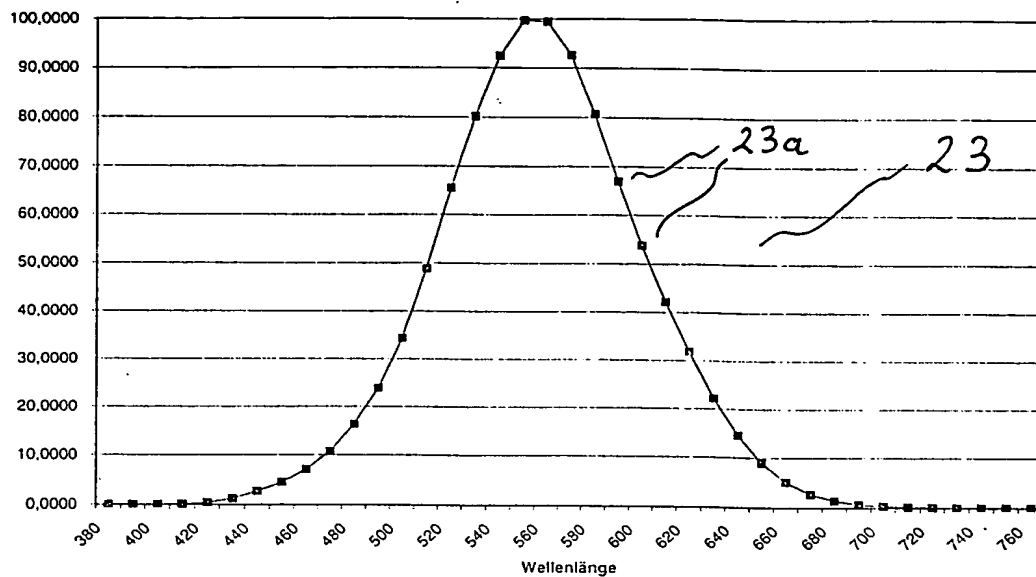


Fig. 4

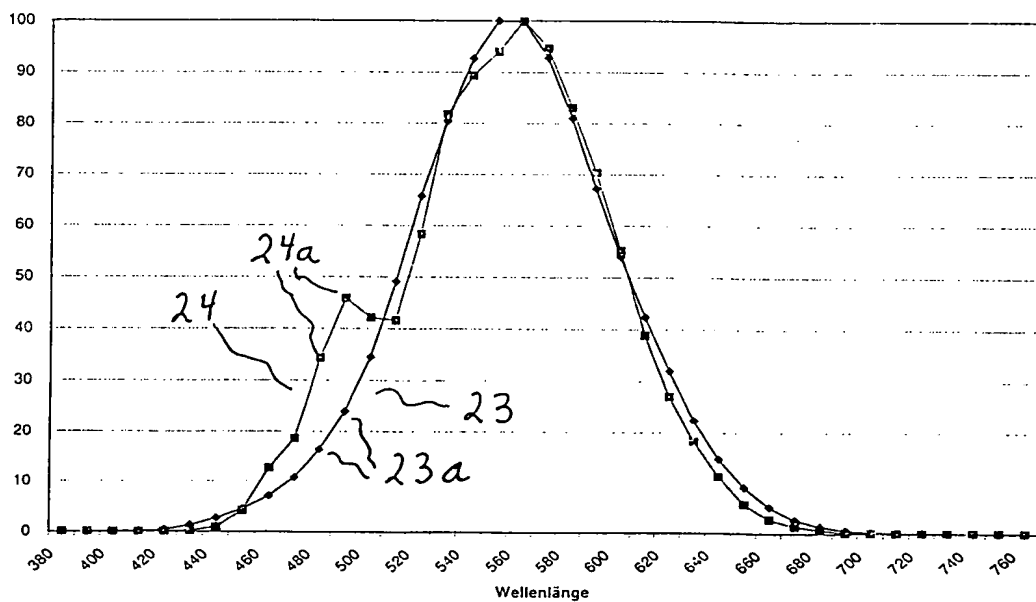


Fig. 5

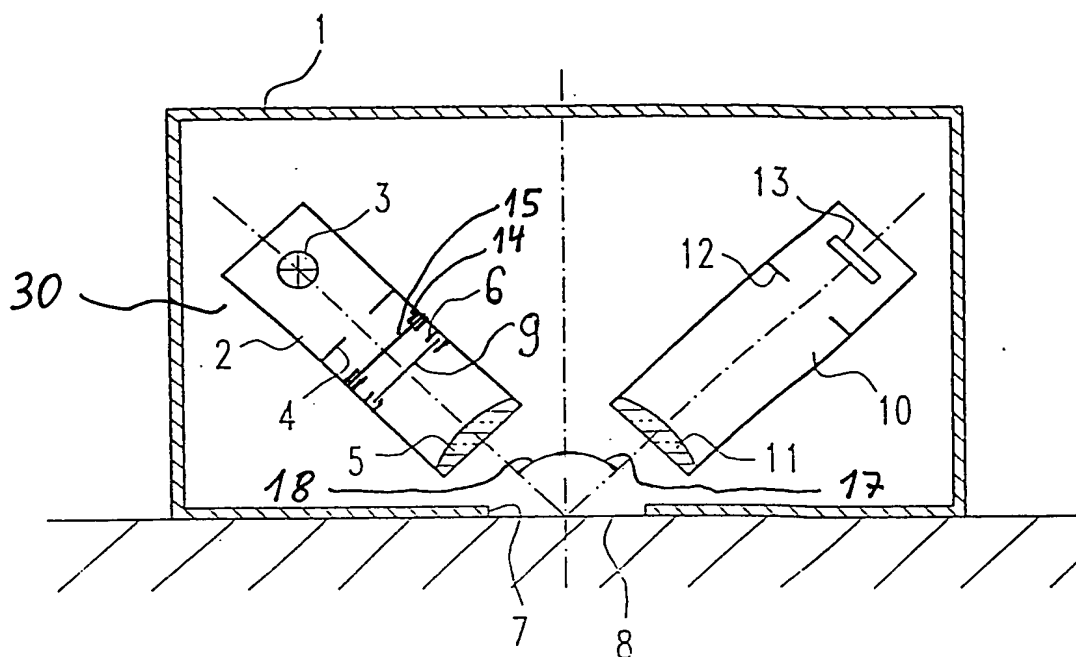


Fig. 6

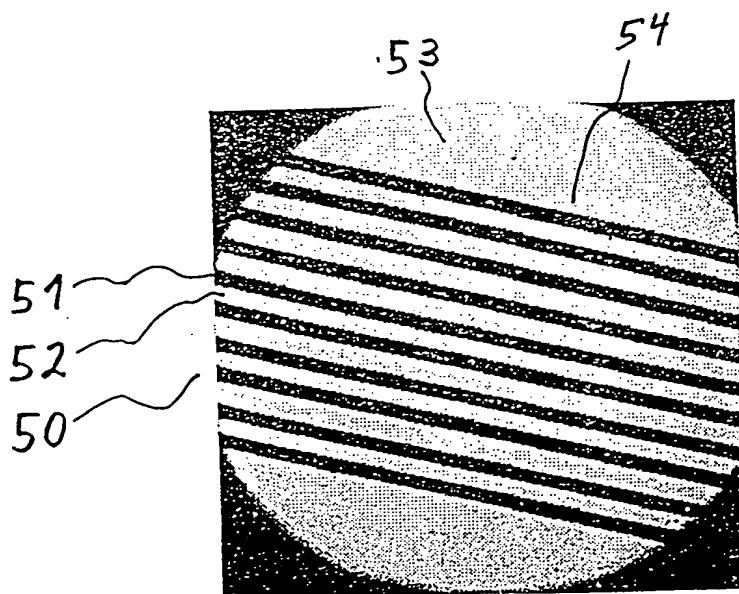


Fig. 7

5/6

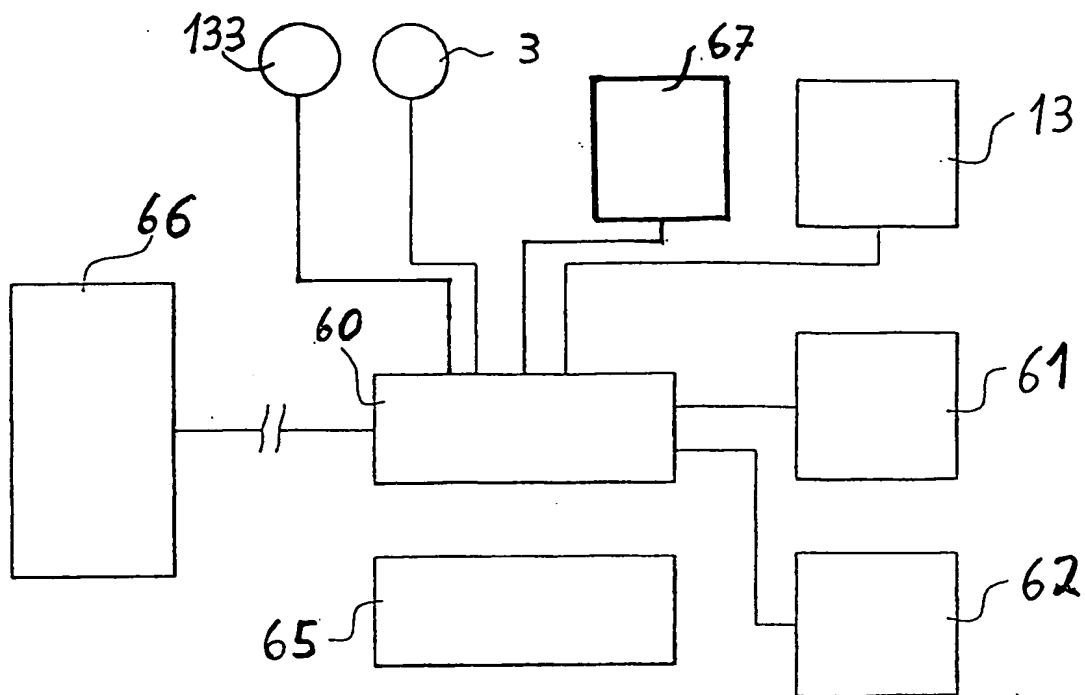


Fig. 8

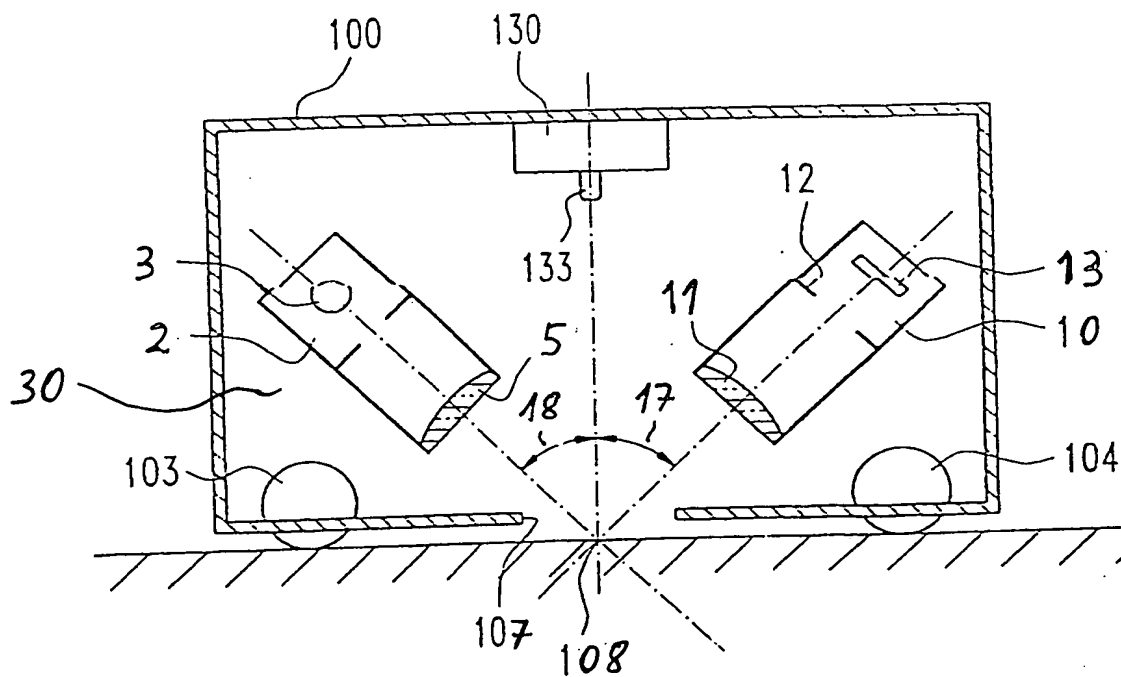


Fig. 9

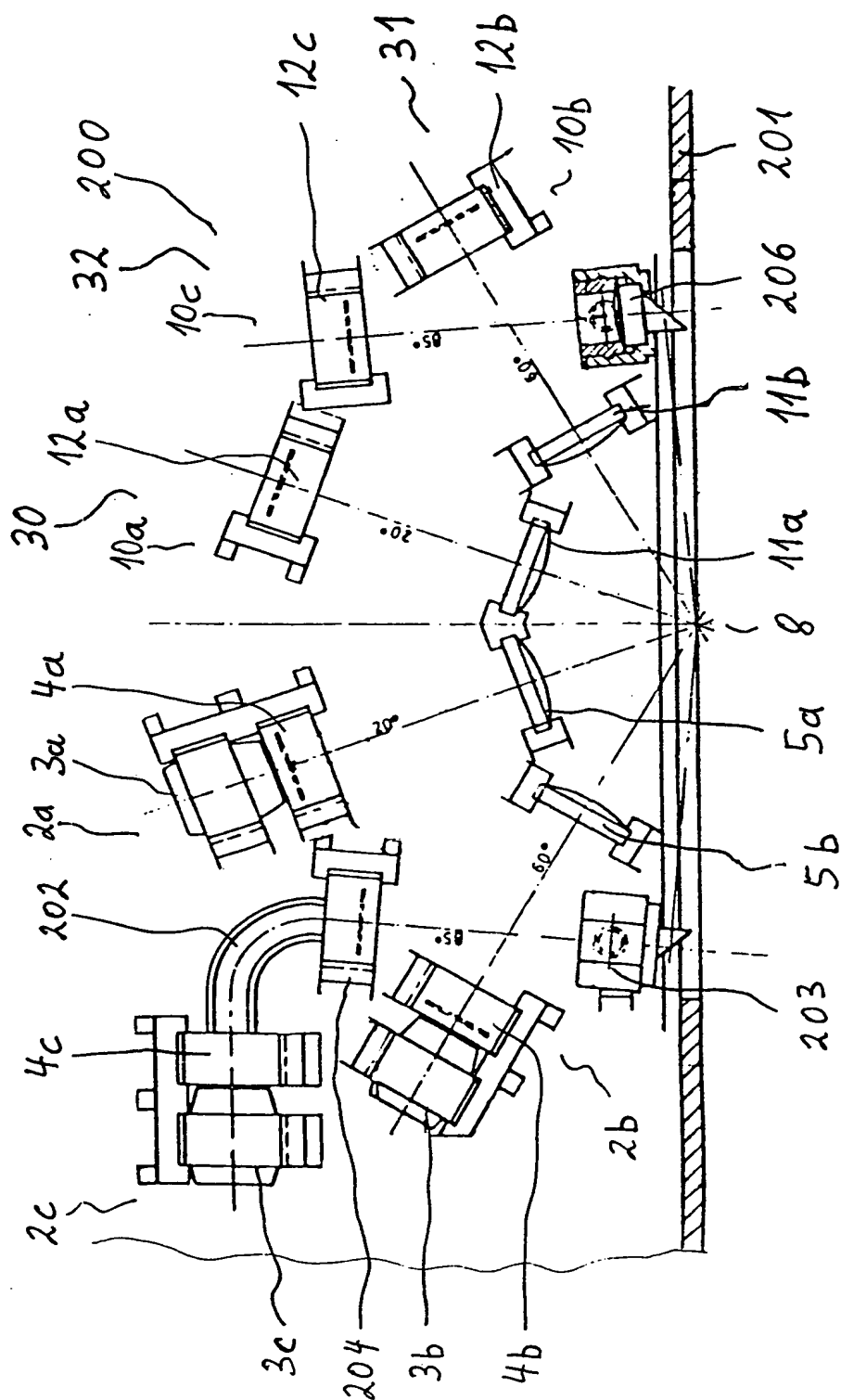


Fig. 10



Creation date: 12-29-2003
Indexing Officer: KTRUONG1 - KHANH TRUONG
Team: OIPEBackFileIndexing
Dossier: 09607827

Legal Date: 01-07-2003

No.	Doccode	Number of pages
1	SRNT	3

Total number of pages: 3

Remarks:

Order of re-scan issued on